



А. СВЯТЛОВСКИЙ

**В**УЛКАНЫ  
СЛУЖАТ  
ЛЮДЯМ

**А. СВЯТЛОВСКИЙ**

# **ВУЛКАНЫ СЛУЖАТ ЛЮДЯМ**

**ДАЛЬНЕВОСТОЧНОЕ  
КНИЖНОЕ  
ИЗДАТЕЛЬСТВО**

---

**ВЛАДИВОСТОК  
1969**

Геотермальная энергия буквально означает энергия «тепла Земли». Это тепло глубин нашей планеты выносятся на поверхность из «подземной кочегарки» вулканами и горячими источниками. Уже не одну сотню миллионов лет они «отапливают» небо. А между тем запасы тепла, которые несут в себе пар и горячие воды Земли, соизмеримы с суммарными энергетическими ресурсами угля, нефти, газа и торфа. Мы живем в такое время, когда пришла пора поставить геотермальную энергию на службу человеку.

Вооруженный новейшими научными и техническими достижениями, человек уже способен «зарегулировать котлы Плутона» и получить дешевую тепловую и электрическую энергию. Земля может «бесплатно» нагреть и превратить в пар подземную воду, «выдать его на-гора» для термальных электростанций, сельскохозяйственных теплиц, коммунальных квартир, для обогрева животноводческих построек. А вулканы! Эти фабрики химических удобрений. Они поставляют азот, фосфор, калий, серу для удобрения почв.

Трудно переоценить значение вулканов и горячих источников в жизни человека!

Предлагаемая читателю книга доктора геолого-минералогических наук Александра Евгеньевича Святловского рассказывает об использовании глубинного тепла Земли. Автор посвятил более 20 лет исследованиям вулканов Камчатки, не раз оказываясь очевидцем вулканических катастроф, и не издали, а, как говорится, с глазу на глаз.

Читатели получат возможность ознакомиться с главными достижениями отечественной науки в области изучения вулканической энергии. Книга А. Е. Святловского, написанная в доступной форме, представляет живой интерес не только для специалистов, но и для самого широкого круга читателей.

Вулканы... Наверное, нет на Земле ничего более загадочного и непостоянного.

Спокойные и, казалось бы, навеки уснувшие, они вдруг без всякого предупреждения заявляют о себе грохотом взрывов, тучами пепла, огненными потоками лавы.

Когда мы говорим о вулканах, мы часто думаем о катастрофах и человеческих жертвах, но никак не о творческих силах природы. Между тем вулканы несут важнейшую службу по обеспечению жизни на Земле. В далеком прошлом на крохотных островках-вулканах, возникших среди безбрежия Мирового океана, на еще теплых от подземного огня отмелях приютились первые сухопутные земные твари, выползшие из морских глубин.

Выросли растения, не нуждающиеся более в пище из морской воды: их стал питать уже почвенный слой; углерод и азот — основные элементы для создания белка — также вынесены из земных недр вулканами. Так вулканические острова явились первыми «кирпичиками» для созидания будущих континентов, из среды обитателей которых через многие миллионы лет появился человек...

В этой брошюре мы рассказываем о том, как на протяжении миллиардов лет вулканы служили жизни, участвуя в зарождении и развитии окружающей нас живой природы; как ныне люди покорили вулканы и заставили их вращать турбины электростанций, давать тепло; как человек, научившись предсказывать вулканические катастрофы, ныне мечтает уже о том, чтобы «разряжать» назревающие вулканические взрывы, предотвращать их и использовать освобождающуюся энергию в мирных целях.



о школьной скамьи каждому из нас известно, что вулканы издавна служат доказательством существования «огненного океана», скрытого в недрах Земли.

Громадные трещины в твердой земной коре! Через них из пылающих недр земного шара вырываются на поверхность огненные вихри газов. Вытекает расплавленная лава, образуя вулканы! Что может быть ярче этого представления!

Ведь несколько десятков лет назад даже ученые считали, что под тонкой земной коркой скрыт океан расплавленной магмы. Множество горячих источников и паровых струй, особенно часто встречающихся в вулканических районах, также свидетельствуют в пользу горячих недр Земли.

Ученые доказали, что очаги вулканов образуются не глубже 50—100 км от земной поверхности.

Если на этой глубине kloкочет бездонная огненная пучина, то земная кора плавает на ней подобно ледяной корочке. Так ли это? Ведь если на незначительной, сравнительно с величиной Земли, глубине образуются «корни» вулканов, питающихся из расплава огненного слоя, то значит ли это, что толщина твердой «пленки», скрывающей этот огненный океан, не толще яичной скорлупы! Оказывается, что не так!

Ныне ученые рассчитали, что до глубины не менее трех тысяч километров. Земля наша тверда, как сталь, и лишь в вулканических областях, образующих узкие «пояса», периодически возникают очаги расплавленной магмы, дающие жизнь огнедышщим горам.

Здесь расположены длинные ряды вулканов. Земная кора покоится на оболочках, пожалуй, даже более твердых, чем сама кора.

Как же образуется раскаленно-жидкая лава, вытекающая из вулканов, если под земной корой нет извечно расплавленного ядра?

Для того чтобы объяснить это, следует подумать о том, каково строение Земли и откуда берется тепло, дающее жизнь вулканам!

Прошлое Земли пока еще скрыто в тумане научных теорий и гипотез. Согласно одной из теорий, вулканам дает жизнь охлаждающееся, но все еще огненно-жидкое ядро Земли, из которого временами через глубокие трещины в отвердевшей оболочке выбрасывается на поверхность расплавленная лава. Эта теория сейчас имеет мало сторонников, так как не объясняет многих проблем образования Земли\*.

Вторая теория — теория образования Земли из холодной космической пыли разработана в последние годы учеными нашей страны во главе с академиком О. Ю. Шмидтом. Она рисует образование вулканических очагов в недрах первоначально холодной Земли следующим образом: облако космической метеоритной пыли под влиянием силы всемирного тяготения приняло шарообразную форму и начало сжиматься. Недра холодной Земли, находящиеся под громадным давлением, нагреваясь, расплавились и расслаивались на оболочки различного состава.

Распад радиоактивных элементов, сопровождающийся выделением тепла, тоже играет важную роль в разогреве Земли и образовании вулканических очагов.

Возраст нашей планеты равен 6—7 млрд. лет, но к своему геологическому периоду, т. е. к началу развития земной коры, Земля пришла 3,5 млрд. лет назад. С тех пор она покрыта океанами, континентами, горными хребтами и равнинами, хотя и изменяющими свои очертания и размеры, но в строении мало меняющимися; состав и температура океанских вод и атмосферы остаются почти неизменными. В периоды горообразования хребты и вулканы вздымаются в небо, сносятся

\* Подробно об этом см. О. Ю. Шмидт «Четыре лекции о происхождении Земли», Москва, 1948.



водой, ветром и снова возникают в других районах. Равнины покрываются морями и осушаются вновь. Если бы на Землю в течение этих последних миллиардов лет смотрели с других планет самые внимательные космические наблюдатели, они бы отметили только перемены в очертаниях материков, океанов, хребтов и ледников, а также в расположении действующих вулканов.

Какие же силы свершили великие перемены в судьбе безжизненной планеты, воздвигли горы и равнины, наполнили воздушный и водный океаны, реки и озера, создали климаты и сделали Землю обитаемой!

Геологическая история Земли предстает перед нами в виде цепи событий, подчиненных строгим законам природы. Когда мы говорим о мощных ее силах, наше сознание невольно обращается к вулканам и землетрясениям, морским штормам и ураганам.

Но эти стихии, совершающие громадную работу в преобразовании лика планеты, порождены энергией, принесенной на земную поверхность из космоса и из глубин Земли.

Из космоса стремится поток солнечных лучей — источник тепла и жизни. Глубины Земли также источают мощную энергию, совершающую грандиозные изменения в ее истории — рождение гор и вулканов. Поверхность Земли — громадная «лаборатория», где под воздействием различных сил происходят сложные реакции между веществом, слагающим нашу планету, и атмосферой.

Земная кора, нагретая извне и изнутри, пропитанная до больших глубин водой и омываемая океанами, покрывается лесами, приобретает различные природные ландшафты, среди которых вынашиваются все формы жизни, вплоть до человека. И, по сути дела, только вулканы свидетельствуют об огненно-жидких очагах, существующих в глубинах Земли.



Прежде всего надо знать, каково строение этих глубин. Как же изучить строение земного шара? Ведь невозможно увидеть Землю в разрезе или поставить

ее перед рентгеновским аппаратом.

Но все же это в какой-то мере возможно. Козьма Прутков сказал: «Бросая камушки в воду, смотри на круги, ими образуемые, иначе сие занятие будет пустой забавою». В этой шутке есть доля правды.

Достаточно вспомнить, что круги от упавшего в воду камушка — это упругие волны, разбегающиеся во все стороны. Каждый школьник знает, что такие волны возникают в любом теле или среде, при любом толчке или ударе.

Итак, от центра этого толчка или удара во все стороны, как раз «вдоль и поперек» бегут такие волны. Они-то и могут служить своеобразными «рентгеновскими лучами» для «просвечивания» Земли.

В самом деле! Мы знаем, что скорость распространения волн в горных породах зависит от их плотности. Если горные породы разнородные, то упругие волны весьма чутко отзовутся на эту разнородность: от удара во все стороны побегут волны и сразу же «сообщат» о различиях между слоями. Доказательства этому мы встречаем при изучении землетрясений, как известно, образующихся вследствие быстрых смещений горных пород по разломам. Очаги землетрясений обычно возникают на глубинах нескольких десятков километров.

Мы не будем здесь касаться причин, вызывающих землетрясения, обратим только внимание читателя на характер этого явления, заключенный в самом слове — землетрясение.

Вот землетрясение как раз и играет роль камушка, упавшего в воду. Вызванные им сейсмические волны бегут во все края Земли, а ученые с помощью специальных приборов — сейсмографов регистрируют сообщения об изменениях в скорости и направлении волн, зависящих от свойств горных пород, встречающихся на пути.

Какие же представления имеются сейчас в науке о строении Земли? Земля покрыта корой, средняя толщина которой около 50 км. По отношению ко всей массе Земли ее кора является столь же тонким слоем, как скорлупа на яйце. Подобно желтку в яйце, в центре Земли находится ядро, имеющее радиус 3400 км.

Ядро окружено мантией — оболочкой, толщиной около 2900 км. Часть этой оболочки под земной корой до глубины 1000 км называется Верхней мантией.

Предполагается, что ядро состоит из железа или силикатных пород, приобретших под влиянием большого давления свойства металлов. Формирование земного ядра могло закончиться еще в догеологический период истории Земли, до образования земной коры, но расслоение вещества в верхних оболочках еще продолжается, увеличиваясь по мере приближения к земной поверхности.

В земной коре повсюду видны признаки крупных движений, образующих высокие горные хребты и глубокие впадины, занятые океанами. В слоях осадочных пород, когда-то отложившихся горизонтально на дне океана, образованы ныне складки и разрывы. Движения захватывают всю земную кору и оболочки под нею на многие километры, постепенно ослабевая в глубь Земли. Об этом также свидетельствует распределение энергии землетрясений, происходящих на разных глубинах. В районах Тихоокеанского побережья, где зарождаются молодые горы, очаги землетрясений отмечены на глубинах около 700 км. Это предельная глубина, с которой мы получаем сигналы о движении вещества внутри земного шара.

Но движения на этих глубинах так редки, что при сопоставлении энергии, «освобождаемой» землетрясениями различной глубины, оказывается, что энергия глубоководных землетрясений с очагами на глубине

от 320 до 700 км составляет только 3% от энергии всех землетрясений на Земле, происходящих в течение года.

12% энергии приходится на землетрясения промежуточных глубин от 80 до 320 км, и 85% энергии дают землетрясения с очагами, образующимися на глубине до 80 км, то есть главным образом в земной коре. Так, энергия землетрясений увеличивается по мере приближения к поверхности Земли.

Как ни парадоксально звучит утверждение о том, что глубинные движения охватывают с наибольшей силой верхнюю оболочку Земли и замирают к центру, но оно близко к действительности.

## СИЛЫ, ВОЗДВИГАЮЩИЕ ГОРЫ И «ЗАЖИГАЮЩИЕ» ВУЛКАНЫ



Н акие же силы вызывают перемещения земной коры, создают горы и вулканы? Хотя и имеется множество предположений о причинах этих движений и источников

тепла, этот вопрос еще далек от решения.

На Земле проявляются различные виды энергии — сила тяжести, тепловая, ядерная, радиоактивная, электрическая. Они переходят друг в друга и вызывают геологические процессы — изменения лица Земли при горообразовании, вулканизме и других явлениях.

Великолепно охарактеризованы источники энергии на Земле словами нашего известного ученого А. Е. Ферсмана: «Солнце светит и греет, прочно скопано в недрах Земли незаметно охлаждающееся космическое тепло, и, не подчиняясь ничьему постороннему влиянию и никакой силе, распадается, атом за атомом, радиоактивное вещество. В силе солнечного луча, в центральном тепле Земли и его охлаждении, во внутренних силах атома — причина всей химической жизни нашей планеты».

Главное значение в геологических процессах ученые придают солнечной энергии, силе тяжести и радиоактивности. При этом изменения силы тяжести имеют различное происхождение — они обусловлены перемещениями массы горных пород в различных частях Земли, ее положением в планетной системе и воздействием сил тяготения других космических тел. Сила тяготения — величайшая сила космоса, уплотняющая небесные тела и придающая им сферическую форму. Под действием тяготения происходит гравитационная дифференциация — погружение вещества Земли с большим удельным весом в глубину и «всплывание» к поверхности более легкого вещества.

Воздействие сил тяготения других космических тел создает нарушение в строении оболочек Земли — приливные явления в океанах и в твердой земной коре, изменение скорости вращения Земли и т. д.

Дифференциация вещества, слагающего Землю по его удельному весу, под влиянием силы тяжести, изменения температур в разных частях оболочек Земли обуславливает возможность существования подкорковых течений, сдвигающих земную кору подобно реке, несущей льдины весною.

Относительная роль этих сил в геологических процессах еще недостаточно изучена. Во всяком случае, космические причины, очевидно, являются важными двигателями этих процессов.

Вспомним, что в недавнем прошлом ученые объясняли происхождение вулканического тепла как остатка энергии охлаждающейся планеты, оторвавшейся когда-то от Солнца в виде огненного сгустка. Потом было подсчитано, что в таком случае полное охлаждение земного шара произошло бы не более чем за 40 млн. лет.

Но ведь возраст Земли превышает 6 млрд. лет, а в течение последних 3,5 млрд. лет земная поверхность, как это известно по геологическим данным, излучает более-менее одинаковое количество тепла.

Это является одним из доказательств в пользу «холодного» образования Земли.

Есть гипотеза, по которой тепло, выделяющееся во время тектонических движений (складчатости, надвигах, сбросах), может создать очаги плавления. Химические процессы, выделяющие также тепло, могут повысить температуры, привести к плавлению горных пород в глубинах Земли и породить вулканизм.

Уже в конце прошлого века вулканологи поняли, что им предстоит еще найти те источники тепла, которые способны образовать неглубокие местные очаги плавления горных пород, питающих вулканы.

Великий русский ученый В. И. Вернадский указывал, что при объяснении геологических процессов и вулканизма следует учитывать чрезвычайно важную роль, которую может играть тепло, выделяющееся при распаде радиоактивных элементов.

Радиоактивность — это свойство некоторых химических элементов испускать невидимые лучи, испытывая при этом атомные превращения, сопровождающиеся выделением тепла. Она относится к внутривулканическим источникам энергии и обуславливает разогревание глубин Земли. Предполагается, что концентрация тепловой энергии радиоактивного распада способна явиться причиной образования вулканических очагов. Это зависит от распределения радиоактивных элементов в верхних оболочках Земли и в глубине, на которой горные породы, нагретые до высоких температур, способны расплавляться, несмотря на давление верхних слоев, повышающее температуру плавления. В настоящее время большинство ученых считает главной причиной образования внутреннего тепла Земли радиоактивный распад элементов урана, тория, калия [ $K^{40}$ ]. Эти химические элементы находятся в горных породах Земли в «рассеянном» состоянии. Например, количество урана составляет в среднем 3 миллионных части на один грамм горной породы, тория — 8 миллионных и калия [ $K^{40}$ ] — 2 сотых на один грамм. При этом один грамм урана выделяет в год 0,71 калории, тория — 0,20 калории и калия — 5 миллионных калории. Предполагается, что в начале образования Земли 5—6 млрд. лет назад радиоактивного тепла выделялось в 8—9 раз больше, а 2 млрд. лет назад — в два раза больше, чем ныне. В настоящее время радиоактивные элементы Земли выделяют  $7 \cdot 10^{27}$  эрг, а тепловое излучение Земли составляет  $9 \cdot 10^{27}$  эрг. Земля остывает! Это решить не так просто, ведь мы не учитываем других источников тепла, согревающих Землю.

Количество радиоактивных элементов изменяется в горных породах, увеличиваясь с глубиной и зависит от строения земной коры, очень неоднородной и разделяющейся на континентальную и океаническую.

О строении земной коры мы знаем, главным образом, на основе данных сейсмических исследований и измерения значений силы тяжести в разных районах. Кроме того, когда горы поднимаются, разрушаются толщи горных пород, становится возможным изучение строения глубинных частей земной коры.

Особую роль для изучения глубин Земли играют вулканы. Они, подобно зондам, опущенным самой природой во внутренние части оболочки Земли, выносят во время извержений лавы и обломки горных пород, захваченных лавой по пути.

Все это позволяет судить о составе земной оболочки на глубине, недоступной даже сверхглубокому бурению. Установлено, что верхний слой континентов сложен осадочными породами, под которыми залегают «гранитный» и «базальтовый» слои. Под водами океанов земная кора состоит из базальтов, покрытых тонким слоем рыхлых осадков. Средняя мощность континентальной коры 35—40 км, а океанической — 6—8 км.

Радиоактивность континентальных пород значительно выше, чем радиоактивность пород, слагающих дно океанов.

Граниты, залегающие под слоем осадочных пород, образуя значительную часть континентов, содержат в несколько раз большее количество радиоактивных элементов, чем базальты океанического дна. Граниты выделяют в год в среднем  $15,9 \cdot 10^6$  кал/год, базальты —  $3,9 \cdot 10^6$  кал/год.

Радиоактивный распад, при котором выделяется столь значительное тепло, рассматривался вулканологами как «неугасимый огонь» для «отопления» вулканических очагов. Однако вскоре возникло сомнение в возможности образования больших скоплений радиоактивного вещества, способных выплавить отдельные вулканические очаги. Ведь чем выше будет подниматься в каком-то участке температура, тем быстрее тепло будет уходить в соседние холодные породы. Как известно, скорость рассеивания тепла пропорциональна увеличению температуры в очаге и значительно превышает скорость образования [генерации] тепла при радиоактивном распаде.

Еще одно противоречие. В Тихоокеанском полушарии Земли, где 88,4% поверхности образует дно океана, а в строении земной коры преобладают базальты океанического дна, расположена большая часть вулканов Земли, не считая десятков тысяч потухших вулканов на дне океана. Здесь насчитывается свыше 350 действующих



щих. В то же время в континентальной части земного шара можно насчитать не больше 100 действующих вулканов.

Таким образом, несмотря на то, что на континентах с гранитным слоем земной коры по теоретическим предположениям происходит более интенсивное радиоактивное разогревание Земли, количество вулканов в несколько раз меньше, чем на базальтовом дне океанов, где выделение радиоактивного тепла значительно меньше. Как это объяснить?

Другим препятствием на пути радиоактивной теории объяснения происхождения вулканических очагов является связь узких, чрезвычайно длинных рядов вулканов с растущими горными хребтами. Появилась необходимость объединить эти два геологических процесса — жизнь вулканов и образование гор — и дать им общее объяснение.

Эту задачу попытался решить советский ученый В. В. Белоусов, разработавший радиомиграционную теорию горообразования и вулканизма, связывающую периодичность вулканической деятельности и образование гор с постепенным перемещением радиоактивных элементов из глубин Земли к ее поверхности и возникновением вулканических очагов в верхних оболочках.

Теперь нам следует ознакомиться с распределением тепла в верхних слоях земной коры в различных районах. Это поможет решить вопрос о том, где же образуются вулканы.

## ГДЕ ОБРАЗУЮТСЯ ВУЛКАНЫ!



поверхность Земли покрыта громадными трещинами, возникшими при перемещениях крупных глыб, сопровождающихся вулканической деятельностью. Мы уже

говорили, что земная кора неоднородна по своему строению и разделяется на континентальную и океаническую.

Примером гигантских трещин в континентальной земной коре служат грабены Восточной Африки. Эти расколы, местами занятые глубокими озерами, тянутся в виде узких щелей на протяжении нескольких тысяч километров. Из них поднимаются громадные действующие вулканы. Такие же грабены, похожие на большие трещины, рассекают земную поверхность в Восточной Сибири и Монголии [впадина озера Байкал, Косогол], в Европе и на других континентах.

При исследованиях дна океанов в последние годы там были обнаружены трещины, образующие подводные долины, лежащие вдоль океанических хребтов, на протяжении более 70 тысяч километров, разделяющие хребты на горные цепи. Ширина подводных хребтов достигает нескольких сот километров, а высота над дном океана — более двух километров.

Местами эти хребты возвышаются над водой в виде вулканических островов. В Атлантическом океане это острова Ван-Майнен, Исландия, Азорские, Вознесенье, Тристан-да-Кунья.

В Тихом океане, где срединно-океанические разломы также рассекают земную кору, расположены Гавайские острова. Остров Гавайя, входящий в архипелаг, состоит из пяти базальтовых вулканов. Необычайной особенностью Гавайских вулканов являются кратерные озера жидкой лавы, играющие роль громадных «отдушин» глубинной тепловой энергии.

Вулканические извержения и на континентах в недавнем прошлом выбросили на дно океанов огромные массы расплавленной магмы, образовавшей подводные хребты и обширные возвышенные плато. Мощность базальтовой коры в районе подводных хребтов, как это показали исследования острова Исландия, достигает 28—30 км. Вероятно, по мере излияния базальтов хребты и плато становились более тяжелыми и погружались в прогибающуюся земную кору. Обычная мощность базальтовой земной коры под океаном 6—8 км, а излияния, слагающие подводные хребты, образовали толщи лавы более 20 км. С каких же глубин поднимаются столь громадные расплавленные массы! Об этом можно косвенно судить по землетрясениям, очаги которых находятся здесь на глубине до 70 км.

Другая полоса вулканических разломов приурочена к границе океанической и континентальной земной коры, лежащей у Тихоокеанских берегов Азии. Она также сопровождается действующими вулканами, образующими островные гирлянды Тихого океана.

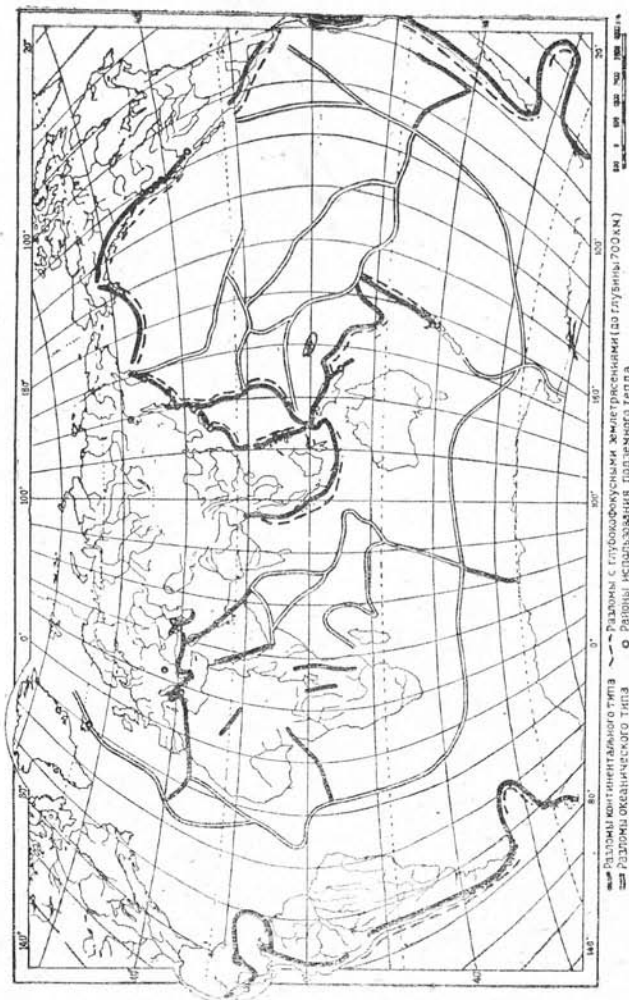
На Дальнем Востоке СССР такие разломы проходят по Камчатке и Курильским островам, а южнее пересекают острова Японии, Индонезии, Новой Зеландии.

В юго-восточной части Тихого океана, вдоль его восточной границы, по побережью Южной и Северной Америки выходят также вулканические разломы. На севере «огненное кольцо» Тихого океана замыкается вулканами Алеутских островов.

Вулканические очаги, вероятно, питаются здесь с больших глубин, чем в океанических районах, так как землетрясения в глубине Земли происходят под вулканическими островами на глубине 100—150 км. Между Европой, Азией и Африкой вдоль Средиземного моря проходит ветвь разломов, также несущих вулканы.

В континентальных районах нашей страны нет действующих вулканов, хотя некоторые еще не совсем потухли. Вулканы Эльбрус и Казбек на Кавказе окружены горячими ключами, а на вершине Эльбруса выходят теплые вулканические газы.

Длина разломов, рассекающих континенты и их окраины, достигает нескольких десятков тысяч километров и сопоставима с длиной океанических разломов.



Вулканические пояса Земли



уже несколько миллиардов лет вулканы, как грандиозные насосы, перекачивают из неведомых глубин материал для земной коры, водяные пары и газы, — короче

говоря, создают земную поверхность, наполняют океаны водой, а атмосферу превращают в тот жизнедеятельный воздух, из которого растения получают углекислоту, извлекая из нее необходимый для животного мира кислород.

В древнейшие эпохи истории Земли не было материков, возвышавшихся над океанами. На прибрежные утесы не обрушивались морские волны, дробя скалы в гальку и песок и образуя осадочные породы. Вокруг земного шара без препятствий катились волны первозданного океана. Деятельность вулканов являлась причиной поднятия на дне океанов подводных хребтов, увенчанных множеством вулканических островов. Через жерла этих бесчисленных вулканов, покрывавших молодую планету, на поверхность выносился материал для создания земной коры континентов и разнообразные газы, питающие водную и воздушную оболочку Земли. Ведь земная поверхность после образования нашей планеты из космической пыли и льда была подобна безводной ледяной пустыне.

Итак, вулканы явились создателями скульптуры Земли, разогревавшейся по мере уплотнения под влиянием гравитационного сжатия и исторгавшей из своих недр горячие расплавы и вулканические газы. Древнейшей «профессией» вулканов было их участие в создании материков — вторичной земной коры, образованной за счет осадочных и магматических пород. Благодаря более легкому удельному весу эта континентальная кора возвышалась в виде цоколей над

океанической земной корой, образуя берега первозданного океана.

Ну а какова судьба колоссальных количеств разогретых газов и водяных паров, являвшихся движущей силой извержений!

Наряду с газовым облаком, сохранившимся вокруг Земли после ее образования, глубинные газы на протяжении нескольких миллиардов лет проникали из глубин Земли через трещины и вулканические жерла, играя большую роль в формировании атмосферы и в геохимических процессах в земной коре и Мировом океане.

Помимо этого, атмосфера, создававшаяся вокруг Земли за счет дегазации земных недр, по данным исследований А. И. Опарина, явилась одним из источников жизни на Земле, возникшей в связи с синтезом из неорганических веществ углеводов. В атмосфере Земли под влиянием солнечных излучений и электрических разрядов, вероятно, происходил синтез органических соединений (типа аминокислот, пептидов формальдегида и пр.), являющихся биологически важными для возникновения живого белка.

В те далекие доисторические эпохи, когда вулканические извержения охватывали громадные территории, равные целым материкам, вокруг царил безжизненный каменный пустыня, покрытая лавами и пеплом, с рельефом, подобным рельефу современной Луны.

При этом даже воздух от галлоидных и сернистых газов становился в таких вулканических областях непригодным для жизни и дыхания. Однако стоило вулканам чуть утихнуть, как пышная растительность и жизнь расцветали вокруг, а в морях отлагались мощные толщи известняков — ведь в составе газов, выделяющихся после извержений из кратеров, преобладали углекислота, сероводород и пары воды. Громадное количество углекислоты, выносимой вулканической деятельностью, является животворным «дыханием» планеты, не только питающим органическую жизнь на Земле, но и определяющим уровень жизни.

Если бы прервалось выделение углекислоты из глубин Земли, то запас этой «пищи», поглощаемой растениями, в атмосфере начал бы уменьшаться.

В процессах непрерывного захоронения органического вещества в осадочных породах, образования угля, нефти и известняков, изъятие углекислоты из атмосферы казалось бы настолько сильно, что, по предположению ученых, достаточно было бы нескольких тысяч лет, чтобы растительная жизнь на Земле начала угасать. Человечеству пришлось бы задуматься над тем, как создать искусственные вулканы для пополнения атмосферы углекислотой! Ведь за счет углекислоты в кругообороте природы растениями образуется кислород, насущная потребность которого для человечества и всего животного мира всем ясна! Вполне понятно, что и азот, выдыхаемый вулканами из глубин Земли, необходим для жизни. Большинство живых существ поглощает соли азотной и азотистой кислот, а некоторые растения усваивают азот прямо из воздуха.

И опять вулканы выступают в виде регуляторов жизненных процессов. Ведь при поглощении азота живыми организмами изъятие его из воздуха не полностью компенсируется выделением азота при разложении органических остатков. Следовательно, азот теряется из атмосферы, а вулканы возмещают эти потери, пополняя из глубин Земли убыль азота в воздухе.

Углекислый газ и водяные пары — главные части газов, выносимых вулканами из глубин Земли. Ведь в мантии Земли содержание воды достигает 3%, а в составе земной коры еще выше: Мировой океан, в том числе все реки и озера, занимающий почти  $\frac{3}{4}$  земной поверхности, имеет среднюю глубину 4 км. Считая по В. И. Вернадскому, он вмещает около 1,4 млрд. км<sup>3</sup> воды.

Ныне не существует двух мнений о том, что не менее половины воды окружающих нас морей и океанов вынесено при образовании земной коры из глубин мантии Земли. Другая часть воды попала на поверхность планеты из космоса — при образовании Земли (в виде ее первичной атмосферы) и продолжает опускаться на ее поверхность вместе с метеоритами и сейчас.

Поток протонов из космических частиц, стремящихся на Землю, соединяется с электронами в верхних слоях атмосферы, превращаясь в атомы водорода, а в

соединении с кислородом водород, как известно, с выделением энергии образует воду. Так, по подсчетам ученых, на Землю в виде космического дождя попадает около 1,5 км<sup>3</sup> воды в год.

Как видим, вулканы играют огромную роль в регулировании природного равновесия между водами Земли, газами ее атмосферы и живыми существами. Они подобны заботливым нянькам, неусыпно следящим за благом живых питомцев Земли.





**В**улканы в содружестве с различными природными процессами в течение нескольких миллиардов лет создали земную кору, океаны, атмосферу и так назы-

ваемую биосферу — оболочку планеты, заселенную растительностью и животным миром.

Но наряду с этим у них была другая работа — они позаботились об образовании повышенных концентраций различных химических элементов, обычно рассеянных в горных породах в ничтожных количествах.

Вулканами созданы многочисленные месторождения руд, чрезвычайно облегчившие деятельность людей на Земле. В этом вулканы подобны обогачительным фабрикам, сооружаемым для увеличения концентрации металлов в руде перед ее плавкой.

Киноварь издавна зовется кровью дракона — ее крошечные кроваво-красные кристаллики осаждаются из паров фумарол и горячих источников в районах угасающих вулканов. Ну а драконы, согласно древним легендам, гнездятся в дымящихся расселинах и пещерах, источающих горячие ядовитые испарения — и в этом их приметы совпадают с вулканами!

Вулканы образуют месторождения ртути и большое число других, очень важных для человека металлов — свинца, олова, золота, серебра, молибдена. В жерлах древних вулканов сосредоточены месторождения руд железа, вольфрама, олова, урана, германия, мышьяка, фтора. С древними вулканами Сибири — с «трубками» их взрывной деятельности связаны крупнейшие месторождения алмазов. Но не только к жерлам и трещинам вулканов приурочены рудные жилы и штоки.

Вулканы являются своеобразными транспортерами, подающими из глубин магматических очагов различ-

ные металлы в виде газообразных соединений, превращающихся далее в руды, которые отлагаются среди осадочных пород в озерах и морях. Так образуются озерно-кратерные месторождения серы, марганцево-кремнистые формации, фосфориты, месторождения бора, железа и других руд. Эти процессы происходят и в современных морях и океанах, где при помощи вулканов образуются аналогичные месторождения.

Недавно в вулканических туфах были обнаружены конкреции, сопровождающие, как правило, образование бокситов — важного сырья для получения алюминия.

Другим источником этого драгоценного металла современности является алунит — продукт разложения лав вулканов под действием газов фумарол и горячих источников.

Сотни тонн серной и соляной кислот ежедневно выносятся из глубин Земли горячие воды и, окисляя горные породы, извлекают из них многие тонны алюминия и железа, кремнекислоты, превращают темные твердые лавы в мягкие светлые глины и алуниты. Выносы сернистых газов образуют кратерные и жильные месторождения самородной серы.

С ручьями со склонов вулканов в океан уносятся огромные массы глинозема, кремнекислоты и других окислов различных металлов, отлагающихся в осадочных толщах на дне, образующих промышленные скопления. Вулканы являются источником ценных строительных материалов и даже... текстильного сырья, получаемого в виде волокон из вулканического стекла. Пемзы, туфы, лава, шлаки широко применяются в строительстве.

Армения гордится необыкновенной красотой разноцветных туфов, прекрасно обрабатываемых пилой и резцом и позволяющих создавать замечательные орнаменты. А знаменитый болнисский туф Грузии! Его теплая нежная окраска соперничает с цветом утренней зари! А из обсидиана — вулканического стекла — изготавливаются тонкие стеклянные нити, из которых ткуются всевозможные декоративные и огнеупорные ткани.

Но мы не будем огульно приписывать вулканам все заслуги и считать их первопричиной добра и зла в этом мире! Некоторые явления природы, например зем-

летрясения, причиной которых ранее считались вулканы, теперь объясняют иначе. Вулканам отводится лишь роль виновников вулканических землетрясений — толчков, вызываемых вулканическими взрывами в очаге и жерле и не передающихся далеко от вулкана. Сейсмические и вулканические пояса не совпадают друг с другом и по своему строению различны. В первых господствуют процессы сжатия, дробления, образования сбросов и надвигов в земной коре. А во вторых — расширение, поднятие, образование открытых трещин растяжения. В связи с глубинными очагами расплавленной магмы вулканические пояса отличаются повышенным тепловым потоком, хотя сейсмические и вулканические пояса пространственно соседствуют друг с другом; однако землетрясения не обязательно сопровождаются извержением вулканов, а сильнейшие землетрясения происходят в районах, лишенных вулканов.



Наступило время поговорить о вулканах и об их извержениях, о том рубеже, который должен был перейти человек, чтобы, подавив в душе инстинктивный страх перед мрачной силой огнедышащей горы, устремить свои помыслы к завоеванию вулканической энергии.

Давайте посмотрим, как работают вулканологи, с какими порой трудностями добираются они к вулканам и, уподобляясь отчасти каюрам и альпинистам, отчасти переносчикам тяжестей, достигают кратеров, где уже входят в роль исследователей. Конечно, случается, а в последние годы все чаще и чаще, когда вертолет высаживает вас прямо у кромки кратера!

Во всеоружии технических новинок вы опутываете кратер поясом электрокабелей, соединяющих аппаратуру с регистрирующими приборами. В кратере работают датчики. Они изменяют температуру, газовый состав, давление фумарол. Установлена телевизионная антенна. В противогазе вы спускаетесь на дно кратера, чтобы наладить приборы, а потом, сидя в домике на безопасном расстоянии, аккуратно снимаете информацию о «самочувствии» вулкана, предупреждая своевременно о назревающем извержении!

Большинство вулканов Камчатки и Курильских островов расположено вдали от обжитых районов. Туда не проложено шоссейных дорог да подчас и наезженных троп.

По скалистым ущельям, в чаще зарослей кедрового стланика или ольховника, прокладывая иногда часами путь топором, добирается вулканолог к своему «рабочему месту». Подчас легче бывает это сделать зимой, когда снегом заносит кустарники, а реки ско-

ывает лед. Нарты легко проходят тогда всюду. Часто самым надежным транспортом служат лошади, а зимой верные камчатские лайки.

...Я готовлюсь в зимнюю поездку по южной Камчатке — к вулканам Мутновскому, Горелому и на Толмачев Дол, покрытый сотнями мелких потухших вулканов, с прекрасно сохранившимися кратерами и лавовыми потоками.

Успех нашей экспедиции зависит от собак. Только они способны преодолеть высокие, занесенные снегом перевалы, переправиться по зыбким ледяным мостам через быстрые реки, подняться на склоны вулканов к дымящимся кратерам. И передо мною встает необходимость постигнуть искусство управления собачьей упряжкой — сделаться каюром. Это позволит сократить число участников экспедиции. Ведь во время дальней поездки на собаках каждый лишний килограмм — обуза.

Прежде всего необходимо приобрести собак и нарту. Сделать это не так просто — ведь собачий транспорт в районах Камчатки почти исчез. Здесь есть самолеты, автомашины, лошади. Не так часто снаряжаются экспедиции через горные хребты к далеким вулканам.

Мой спутник — камчадал, коренной житель села Елизово, прекрасный каюр и охотник. Мы отправляемся в путешествие за собаками для моей нарты на его упряжке из шести собак. Тогда еще не было шоссейной дороги в Мильково — по тайге и марям только в сухое время года рисковали туда пробираться на автомашинах.

Дальний путь в Мильково — более 300 км — я решил использовать для того, чтобы пройти курс обучения искусству каюра.

Наступил январь. На Тихоокеанском побережье Камчатки, где климат морской и влажный, морозы едва достигают 25—30°. Но в центральной Камчатской долине, огражденной от моря высокими хребтами, ожидали морозы более 40°.

Снаряжение и одежда, которыми я запасался, повинуюсь советам своего каюра-учителя, были не слишком теплыми. Только впоследствии я понял, что вполне достаточной одеждой каюра, несмотря на любые морозы, является стеганая курта (ватник), легкие шерстяные

брюки, вправленные в кожаные торбасы (самодельные мягкие сапоги), а поверх всего — белая камлейка (халат), предохраняющая одежду во время пурги от мокрого снега.

Каюру не приходится много отдыхать — он находится в непрерывном движении — то толкая нарту за «баран» и помогая собакам взбираться на гору, то скачываясь с нее в клубах снежной пыли и налегая всеми силами на остол, чтобы полозья не наезжали на задних собак упряжки.

Такая работа согревает лучше всякой кухлянки (одежды из оленьих шкур).

Я ходил по пятам за своим учителем и следил за его ловкими движениями, когда он снаряжал нарту и управлял собаками.

В профессии каюра существует, как и во всякой другой, множество разнообразных приемов и секретов, без знаний которых остол окажется бесполезной палкой в руках путешественника, а собаки даже не обратят внимания на приказы хозяина и не будут повиноваться каждому его жесту.

Длинные узкие сани-нарты сделаны из дерева, скреплены кожаными ремнями, без единого гвоздя. Конструкция их легка и удобна — она совершенствовалась в течение сотен лет. Из тех же простых материалов, из которых изготавливались нарты во времена каменного века, делаются они и ныне. В далеком прошлом полозья нарт для лучшего скольжения обивались кожей или нерпичьими шкурами. Теперь используются металлические полоски, обычно из стальныхпил. В конструкцию нарт, однако, за последние двести лет, со времени Степана Крашенинникова, новая техника не внесла никаких изменений.

На длинных полозьях настил нарты укреплен с помощью небольших колышков (копыльев). Впереди, там, где в нарты на длинном кожаном ремне (среднике) впряжена собачья стая, поднимается деревянная дуга — «баран», концы которого опираются на полозья. За эту дугу держится каюр во время езды. Возле нее между копыльями втыкает он в снег железное острие остола и «бороздит», тормозя быстрый бег нарты на крутых спусках.

Уже с погрузки на нарту снаряжения и собачьего корма начинается искусство езды на собаках. Нарта нагружается так, чтобы ее центр тяжести был достаточно низким и нарта не опрокидывалась при езде. При этом груз должен быть распределен равномерно по всей 4—5-метровой длине нарты. Снаряжение должно быть разложено так продуманно, чтобы, доставая его по мере надобности, не приходилось перегружать нарту. Все это требовало сноровки и опыта.

На дно нарты уложены самые тяжелые вещи и юкола — вяленая, твердая как дерево рыба — корм для собак, позади укреплен камин (небольшая печурка для палатки с вложенными внутрь трубами). Поверх расположены мягкие вещи, палатка, одежда. Вся нарта накрыта «балаганом» [полотняным пологом] и туго обвита веревками по всей длине. Нарта стала похожа на «колбасу» или туго запеленатую египетскую мумию. Нам оставалось либо сидеть на нарте верхом при езде по ровному месту, при спусках с горы или же бежать рядом, покрикивая на собак, толкать нарту за «баран» при подъемах.

Привязанные к забору, невдалеке от снаряжавшейся нарты, собаки при виде наших приготовлений пришли в большое волнение — они то и дело вскакивают, начинают выть, рваться с цепей и всячески доказывать готовность к путешествию.

Ездовые собаки — это не обычные псы: от их характера, выносливости и слаженности в работе зависит успех нашего путешествия, и каждая из них, в меру своих способностей, занимает особое место в упряжке. Впереди всех вожак, иногда два, бегущие парой. Они понимают окрик «право», «лево» и тотчас же поворачивают в нужную сторону, увлекая за собой бегущих сзади. На каждую собаку надеты специальные кожаные алыки — постромки, охватывающие шею и пристегивающиеся также иногда и вокруг туловища. Алыки прикреплены к «среднику», тянущему нарту.

Мы выехали темной ночью при свете звезд, когда снег упруго скрипел под полозьями и собаки легко бежали по крепкому насту.

Уже при первом знакомстве в пути я заметил, что все описания собачьих нравов, известных мне ранее из

рассказа Джека Лондона «Белый клык», не соответствуют мирному нраву камчатских собак. В упряжках на Аляске, согласно Джеку Лондону, передовая собака — это ненавидимый для всей упряжки свирепый зверь. Этот вожак стремится удрать от мчащейся за ним стаи, которая жаждет разорвать его в клочья.

Камчатская собачья упряжка — это хорошо сработанный дружный коллектив. Собаки из одной упряжки редко дерутся меж собой. Во время отдыха их можно даже отпустить побегать на волю [если близко нет кошек, коз и кур, а также чужих собак]. Собаки сразу же прибегают на зов своего хозяина и, выстроившись по своим местам впереди нарты, вдоль «средника», будут мирно ждать своей очереди сунуть морду в алык. Передовой пес, понимающий команду, может быть безропотно сменен, когда другой из его собратьев станет хорошим вожаком. Бывший вожак будет также трудолюбиво работать во второй или в третьей паре. Наконец, каюр, прокладывая лыжами путь, может идти далеко впереди нарты, и вся упряжка будет послушно следовать за ним.

Мы двигаемся все дальше и дальше по лесным зимним дорогам, уходя от побережья Камчатки по межгорным долинам. Иногда попадаются попутчики — почтовые нарты, и тогда собаки бегут веселей. Все было внове, казалось занятным и странным — и палатка, раскинутая прямо на снегу, и собаки, которых мы по утрам извлекали из-под снежных бугорков, куда они зарывались на ночь.

Перед каждым выездом приемы езды были свои: в морозное утро полозья нарт «войдали», то есть поливали теплой водой, чтобы они лучше скользили, при спуске с косогоров на полозья наматывались возле крыльев цепи в качестве тормозов, а при большой крутизне к полозьям привязывалась целая береза с необрубленными сучками.

Кормежка собак требовала сноровки, их кормили с утра, затем подкармливали в пути — подбрасывали по половине, а не то и по четверти юколы. Сразу же по приезде на отдых собак кормить не полагалось: они могли «подпалиться» и даже заболеть и издохнуть. Кормить же собак в пути надо было в особом порядке.



Нарты укреплялись на месте при помощи остола, воткнутого в снег, рыбу бросали по очереди — вначале передовым, а потом расположенным ближе к нарте так, чтобы вся свора не сбилась в кучу и не передралась.

Наступила ночь третьего дня пути. Над темными хребтами плыли облака, за ними мутно светила луна. Дорога вилась среди леса, и голубоватые тени ложились в глубокие борозды, проложенные полозьями нарт. Из долины реки мы выехали на косогор, и в синей ночи вдаль замелькали огоньки. Это была одна из маленьких деревушек долины реки Камчатки. Над лесом протянулась полоса серебристого дыма, его запах щекотал ноздри.

Наши ездовые псы, изрядно усталые и вяло тянувшие нарты из последних сил, вдруг оживились. Чувствуя скорый отдых и пищу, собаки напрягли все свои силы и мчались что есть духу. От деревни нам навстречу, остро пронизывая морозный воздух, плыл запах кислой рыбы, он-то и манил лаек. Их деревенская родня также почуяла нас, пронесся пронзительный вой, вначале он раздался в одном краю, но через несколько секунд, переходя из двора во двор, как бы повис над всей деревней и внезапно оборвался.

Мы въехали в деревню. Об этом можно было судить по тусклым полоскам света, падавшим на искрящийся снег из узких траншей, прокопанных в снегу к окнам. Избы напоминали больше снежные сугробы. На пригорке стоит ярко освещенный дом, слышна музыка и звуки веселых голосов. Это клуб. Деревня очень нарядна в снежном уборе. Ярко мерцают звезды, и окружающие долину снежные хребты, освещаемые из-за клубящихся облаков серебристым светом невидимого месяца, четко вырисовываются на темно-голубом небосклоне.

Располагаемся на ночлег. Частоколы заборов, окружающие дома, летом выше человеческого роста; теперь же они торчат из снега в виде коротеньких колышков, не препятствующих нартам подъезжать к дому с любой стороны. К этим колышкам привязываем своих собак, отдельно каждую, чтобы они не ссорились из-за рыбы. Привязывая последнюю, для которой не хватило колышка, к жерди, торчащей из-под крыши, я вспом-

нил знаменитого Мюнхгаузена, привязавшего зимою лошадь к кресту занесенной снегом деревенской колокольни.

Из дверей избы вырываются белые облака пара и тают в морозном воздухе. В жарко натопленной комнателюдно и оживленно. Гостеприимные хозяева суетятся вокруг печки. Мы сбрасываем верхнюю одежду, сырые камосы (мягкая кожаная обувь) и садимся чаевать.

Наутро продолжаем свой путь. Вскоре мы достигли Милькова — самого большого села центральной части полуострова, в долине реки Камчатки. Здесь настоящая морозная и сухая русская зима — совсем не такая, как на побережье, в Петропавловске, где снег неожиданно может смениться дождем, а сугробы — превратиться среди зимы в лужи.

Наши надежды достать хороших ездовых собак в питомнике, существовавшем возле Милькова, не оправдались. «Питомник» состоял из нескольких десятков тощих псов, вокруг которых бегали на свободе по лесу их сбжавшие от бескормицы собратья. Все свидетельствовало о последних днях собачьего транспорта. Мы выбрали нескольких разномастных собак — это были молодые поджарые псы, не имевшие никакого представления об упряжке. Но, к счастью, в деревне удалось купить пару ездовых — передовых псов, уже перешедших за ненадобностью на положение дворняжек. Один из них был по кличке Черемный — небольшая собака с клочкастой рыжей шерстью. Его флегматичный друг Красный — тоже рыжий, с добродушной повадкой дворняги — более крупная, но изрядно ленивая собака.

Я купил обеих у секретаря Мильковского сельсовета вместе с остатками старой нарты, валявшейся на крыше его избы. Здесь были почти все составные части четырехкопильной нарты, которую мы решили вновь возродить к жизни и сделать главным транспортным средством весенней экспедиции на вулканы южной Камчатки.

Несколько дней ушло на ремонт нарт — ее собирали в избе камчадала, сторожа питомника, пользуясь обрывками старых ремней. Когда, наконец, нарта была готова, упряжь сшита и собаки выстроились в своих

алыхах впереди нарты, этот выезд представлял странное зрелище: собаки начали сбиваться в кучу или разбредаться в разные стороны. Только передовые знали, что делать, они тщетно пытались тащить нарту, вся стая им только мешала и не слушалась команды. Пришлось привязать мою упряжку к задку нарты, на которой мы приехали, и в таком неприглядном виде, на буксире, я отправился в обратный путь из Милькова в Елизово.

У моих «худоедлых» псов единомыслие было только во время кормежки. Кормили их юколой. Первое мое знакомство с характерами собак началось во время этих кормежек. Псов было двенадцать, и мне надлежало изучить характер каждого из них и уметь держать в повиновении разнообразные собачьи инстинкты. От этого зависел успех поездки; когда мы будем вдаль от человеческих жилищ, среди глухой тайги, от настроя ездовых собак будет зависеть наша судьба. Если они выйдут из повиновения или разбегутся, мы окажемся затерянными в глуши. У нас не будет возможности даже вернуться в селение.

Образцом добродушия, приветливости и трудолюбия был Шарик — лохматый коричневый пес, также приобретенный по случаю в деревне, он радовал своим неизменно хорошим настроением и всегда довольным, упитанным, даже в труднейшие времена, видом. Когда начиналась кормежка, Шарик садился столбиком и, не шелохнувшись, смотрел мне в глаза.

Первый кусок замерзшей юколы получал Черемный — он хватал его на лету, независимо от размера, затем моментально бросал рыбу себе под ноги, вдавливал грудью в снег и жадно бросался к Красному, пытаясь, пользуясь его флегматичной нерасторопностью, перехватить кусок у него из-под носа. В пище Черемный был ужасно неразборчив — он проглатывал на лету любой брошенный ему предмет подходящего для этого размера — я кормил его в трудное время, когда не было рыбы, даже водорослями из теплых ключей; вытаскивал из бассейна обрывки студнеобразной зеленой массы и быстро бросал в открытую пасть. Прежде чем Черемный соображал, что это такое, зеленая тина исчезала в его брюхе, вероятно, утоляя голод. Черемный тут же вновь жадно раскрывал пасть и

прыгал вокруг меня, шевеля обручком хвоста. А когда была рыба, куски ее исчезали со страшной скоростью в его пасти.

Во всем, что не касалось пищи, Черемный имел независимый и мрачный характер. Несмотря на небольшой рост, клочкастую шкуру и суровый нрав, этот широкогрудый некрасивый пес пользовался уважением всей упряжки, но всегда держался в стороне от нее. Чувства Черемный проявлял очень скупой: выражая радость, бросался грудью в снег и бороздил по нему носом. Но это только тогда, когда он был не в упряжке. К работе он имел такое же пристрастие, как и к пище. Попадая в упряжку, Черемный делался суров и не позволял с собой ни малейшей фамильярности — недовольно отворачивался и, если я пытался погладить его жесткую шерсть, даже оскаливался и рычал...

Вся его прямая собачья натура до конца была предана езде, и он тащил нарту беззаветно, напрягая все силы, принадлежа по характеру к тем собакам, которые упадут замертво от изнеможения, но не перестанут выполнять свой долг. Вся упряжка, понимая нрав Черемного, боялась и слушалась его беспрекословно, хотя он никогда не дрался. Приказы налево-направо выполнял рывком, сразу и, поглощенный работой, весь отдавался своей тяжелой обязанности. Мне никогда не приходилось прибегать к плети, висевшей на черенке моего остола. Я знал: Черемный сделает все, что нужно, — в его честной натуре разобраться было не трудно. Но были и лукавые псы — это те «лицемеры», которые прибегали к хитрости, желая облегчить свой труд. Во время еды, пожалуй, лучше всего определялись характеры собак. Хитрецы ели медленно, поглядывая с завистью на соседей. В упряжке они притворялись по-разному: одни делали вид, что напрягаются изо всех сил, но алык их не натягивался — они не тащили нарту, а лишь пытались обмануть меня. Другие — более простодушные лентяи просто бежали впереди нарты. С этими было легче сладить — после хорошей взбучки они понимали, что от судьбы не уйдешь, и начинали честно трудиться. Лукавых псов приходилось перепрягать поближе к передку нарты, чтобы можно было удобнее их наказывать за лень.

Грустное чувство возбуждала во мне большая, длинная белая собака Бельчик — ей, видно, здорово доставалось от прежних хозяев: лишь я подходил к ней с остолом, как Бельчик падал на брюхо и раболепно пресмыкался у моих ног. Прошло много дней, прежде чем ее оставил панический страх при виде остола. Были собаки просто исполнительные, незамысловатые по характеру, труженики, не доставлявшие мне никаких хлопот. К ним принадлежала Пестра — трудолюбивая пятнистая сука, оказавшаяся у меня в упряжке противозаконно: иметь суку в упряжке считается дурным тоном. И Пестра всячески старалась загладить перед псами свою «вину» и оправдаться. Но она вселяла постоянное беспокойство среди «мужского» коллектива нарты. Сука была трудолюбива и прожорлива. Ввиду отсутствия возможности приобрести ей замену мне приходилось мириться с ее присутствием в упряжке, возбуждавшим насмешливые улыбки встречающих камчадалов и оживление встречаемых псов.

В работе я знакомился с характерами своих собак, и каждый день происходило какое-нибудь незначительное, но важное для меня событие, свидетельствующее об укреплении взаимоотношения между мною и упряжкой.

Постепенно, временами прибегая к ремню на остол, я добился у собак признания как хозяин и каюр. Иногда во время поездок я останавливал нарты и уходил от нее, чтобы осмотреть скалы, возле которых мы проезжали; при моем возвращении все вскакивали мне навстречу и начинали радостно прыгать и скулить. Лаять они не привыкли — среди ездовых собак это не принято. Вскоре я уже настолько изучил собачьи нравы, что во время езды мог сидеть спиной к упряжке и, замечая неровный ход нарты, покрикивать то на одну, то на другую, не глядя на них. Но прошло много дней, прежде чем я приобрел настоящую власть над упряжкой и необходимую для хорошей езды напряженную собранность. Я понял, что рассеянность, невнимательность, вялость незаметно передаются от каюра его собакам: они начинают оглядываться, отвлекаться от работы, лениться, бегать недружно и плохо тащить нарты. Такой уж своеобразный «оркестр» — упряжка

ездовых собак, — он требует неусыпного внимания и подтянутости от своего «дирижера».

За четыре месяца (сравнительно небольшой срок управления упряжкой) я так и не достиг высшего стиля сработанности собак. Когда каюр уходит вперед от своей нарты, пробивая лыжами дорогу в уборде (глубоким рыхлом снегу) или отходит от нарты по следу зверя, собаки, ожидая его, ложатся в снег. При этом полозья нарты, нагревшиеся на ходу, часто вмерзают в наст. Но вот по резкому крику каюра собаки вскакивают, одним рывком сдергивают нарты с места и мчатся к своему хозяину. Это уже особая, высшая школа тренировки собак, необходимая для каюра-охотника.

Мои собаки были еще слабы и тощи, но оставалось около месяца сроку до апреля — начала весны, когда нужно было отправляться в поход. За это время я старался откормить собак, иногда совершая тренировочные поездки из села Елизава, где жил в то время.

Собаки быстро крепили, приобретали жизнерадостность и сообразно своим характерам доставляли мне разные беспокойства. За ночь две-три собаки всегда умудрялись отвязаться и совершить путешествие по окрестностям. Мне приходилось вставать до рассвета, чтобы успеть загладить следы их ночных походов. Я собирал и закапывал в снег перья от притащенных откуда-то кур, пришлось заплатить за козу, задранную одним из псов, а однажды среди двора, где были привязаны собаки, я обнаружил пышный кошачий хвост. Спрятав хвост понадежнее, я долго разыскивал его обладателя в надежде скрыть следы преступления.

Но скоро раздался вопли хозяйки соседского роскошного кота. Я в панике скрылся, вопли пронеслись мимо и пали на голову неподалеку живущего камчадала, который как ни в чем не бывало уже содрал шкуру с потерпевшего... Все чаще и чаще мне приходилось кривить душой, чтобы загладить проделки своей стаи. Даже флегматичный Красный однажды исчез и через несколько часов вернулся весь прожорливый «кислой» рыбой — он успел разведать чьи-то запасы собачьего корма и теперь лениво облизывал морду.

Необходимо было поскорее уезжать, чтобы избежать угрожающих мне со всех сторон неприятностей.

Наконец после нескольких тренировочных поездок все было подготовлено к путешествию. Теперь у меня была хорошая упряжка, которая могла увести снаряжение, необходимое для поездки на вулканы, расположенные в сотнях километров к югу от Петропавловска.

С каждым днем все ярче сверкало над Камчаткой весеннее солнце, иные дни оно пекло совсем полетнему, и снежные вершины вулканов, как сахарные головы, ослепительно сияли в лучах. На высоких лавовых плоскогорьях снег еще лежал плотной пеленой, но кое-где на южных склонах гор уже чернели проталины и зеленела первая трава. День быстро увеличивался, наступало лучшее время для езды на собаках. Весной на нартах можно было совершить дальние путешествия по просторам вулканических долов. Снега замели глубокие овраги и кустарники. Можно было проехать по ледяным мостам над бурными потоками там, где летом не приходилось и думать о том, чтобы перебраться.

Очень красивы вулканические доли Камчатки в ясные дни, ближе к весне, когда все чаще и дольше сияет яркое солнце над необозримыми снежными просторами, отливающими серебром. Громадные конусы вулканов поднимаются в голубое небо. Иногда клубы облаков, стелющиеся над хребтами, вползают по склонам вулканов, окутывая их вершины пышным белым убором, но ветры сдувают эти облачные покровы и уносят прочь.

Мы снаряжались в дальний путь. Наши собаки подкармлились, были веселы и рвались в поход. Каждый раз, когда я утром кормил их, подходил к нарте и брался за «баран», они вскакивали и начинали визжать, лаять, рваться с цепи, всячески демонстрируя свою готовность в путь. Только Горнок — белая, похожая на шпица, собака небольшого роста не радовалась предстоящему путешествию. Однажды, когда я собирался в очередную поездку за рыбой, Горнок сделал вид, что он совсем болен, захромал и отвернулся к забору

с несчастным видом, мол, рад бы ехать, да не могу. Он забился в снег, свернувшись клубочком, и, хотя все собаки радостно прыгали, видя что я нагружаю нарту, Горнок не обращал внимания на сборы.

Заметив столь плачевный вид собаки, я решил оставить Горнока дома. Всякая другая собака из нашей упряжки была бы оскорблена, приняв это за наказание, и подняла бы жалобный вой. Но Горнок преспокойно лежал, не глядя на приготовления к отъезду и даже не взглянул на весело умчавшуюся нарту. На другой день повторилась та же история. Но, избаловавшись, он уже не считал нужным скрывать до нашего отъезда радость. Из-за забора вынырнула маленькая собачонка, пришедшая в гости к нашему бездельнику, и они занялись весенней возней.

Тут Горнок был уличен в лукавстве, проучен и отведен в упряжку. С тех пор он больше не хитрил и покорно подставлял шею в алык, правда, не выражая при этом большой радости, но работал всегда хорошо и проявлял большую смекалку. Когда Горнок замечал, что по другую от него сторону средника собаки плохо тянут нарту, он подлезал под ремень средника и начинал помогать им. Убедившись, что нарта идет ровно, он возвращался, довольный, на прежнее место...

Тщательно отобрано снаряжение, все распределено в нарте по своим строго определенным местам. Камин и палатка уложены выше всего; поверх также привязывалась юкола на подкормку собак и топор. Каждый килограмм излишнего груза будет мешать, но и малейшее упущение уже непоправимо вдали от человеческого жилья, среди снежных пустынь, где мы сможем рассчитывать только на себя.

Наступил день отъезда.

Еще ярко горели звезды и жесткий снег отсвечивал, отражая темно-голубое ночное небо, когда мы выехали в путь. Близился рассвет, и, хотя собаки бежали быстро, я заметил, что некоторые прихрамывают. Нарта скользила неровно по колее, проделанной проехавшими днем упряжками, а теперь замерзшей. Вглядевшись в снег, я заметил пятна крови. Это острые ледяные гребни разбитого наста резали мягкие собачьи лапы. Однако многовековой опыт камчадалов предусматривал



средство охраны труда. Мы остановились — из нарты были извлечены маленькие кожаные торбаса — сапожки, сшитые специально для собак, — и они с удовольствием подставляли свои израненные лапы, позволяя надеть на них обувь. Особенно изранил свои лапы передовой пес — вожак Черемный — он долго обгрызал вмерзший между когтями лед и продолжал хромать, даже когда ему также были надеты на лапы сапоги. Удаленный из упряжки, Черемный, однако, не мог примириться с отставкой «от работы», и мы просто не знали, что с ним делать. Вначале думали, что Черемный с удовольствием будет бежать налегке позади нарты, но пес не стерпел такого позора — он набросился на передового пса нашей второй нарты, и началась драка. Тогда Черемного привязали к нарте, но из этого не получилось ничего хорошего — он стал что есть силы тянуть нарту вбок, решив, что в этом и заключается его новое назначение. В конце концов пришлось впрячь его на старое место во главе упряжки и он успокоился, почувствовав себя в привычной роли.



ве упряжки мчались по «коридору», огибавшему с севера вулкан Горелый. Из-за покатых склонов его восходило солнце, и ослепительные лучи отражались на белоснежных вершинах сопок. Легкие нарты скользили по прочному насту, не оставляя следов.

— Вот тут вчера медведь скатился, когда вы ушли на вулкан, — сообщил мой проводник Павел Григорьевич Бурнашев.

Действительно, с крутого обрыва вулканического дола, образующего стенку «коридора», к подножию склона была проложена широкая прямая борозда, глубоко прорытая в обледенелом снегу. Оказывается, медведи, особенно крупные, не утруждая себя спуском с крутых гор, скатываются, как на салазках, на животе, вперед мордой, поджав под себя лапы.

Скоро мы подъехали к медвежьему следу, перебежавшему «коридор». Здесь прошел крупный медведь — глубоко вдавленный в плотный снег след говорил о большом его весе.

— Полтонны будет, — заключил наш проводник.

Я стал обеими ногами в медвежий след, и по краям осталось еще место — так велика была медвежья лапа.

— Будто телега проехала, — сказал проводник, указывая на пространство между следами лап.

Перегоняя друг друга, нарты катились под уклон вдоль крутых стенок «коридора» и вскоре, обогнув вулкан Горелый с северо-востока, выехали на широкий простор Мутновского перевала.

«Коридор» кончился, и на северо-востоке, у берегов океана, открылся вулкан Вилючик, вершина которого, как бы высеченная гигантским резцом, сверкала на солнце ледниками. Гирлянды скалистых хребтов у его

подножия казались рядом с гигантом цепью невысоких холмов.

На запад от нас, на пологом склоне Горелого, возвышались конусы побочных кратеров, самый большой из них был разрушен лавовым потоком, спустившимся в сторону Мутновского перевала.

На самой вершине перевала стоит деревянный крест, — сообщил Павел Григорьевич, — его поставил охотник Подпругин в память спасения от страшной пурги, захватившей его там.

Зимой здесь неделями бушует пурга и бесконечные злые ветры несутся из конца в конец по широким долам. Непогода подкрадывается незаметно: с моря надвигается туман; когда порывы ветра начинают поднимать снег, охотники торопятся спуститься в глубокие долины, чтобы укрыться от пурги. В снежном вихре исчезают бледные силуэты окружающих гор. Быстро стираются очертания и приметы знакомых мест. Скоро все превращается в непроницаемую белую мглу, и снег острыми иголочками вонзается в лицо, спит глаза людям и собакам, а ветер сбивает с ног. Среди снежной мглы кружат охотники в поисках заметного старого следа. То натыкаются на неожиданно возникающие незнакомые склоны сопки, то останавливаются, силясь увидеть дно внезапно открывшихся у ног пропастей. А пурга кружит, набивая в каждую складку одежды снежную пыль. Охотники, застигнутые на долах пургой, выкапывают ямы в снегу и прячутся в них вместе с собаками.

Но как прекрасны долины в долгие весенние дни, когда сверкающее солнце бросает на снежные равнины свои обжигающие лучи. В долах пробуждается жизнь, на проталинах среди порыжелой прошлогодней травы пробиваются зеленые ростки. Медведи кончают свой зимний сон и, выползая из заповедных пещер, бродят, собирая прошлогодние шишки кедровника. Бесчисленные олени стада, оставляя на снегу цепи следов, уходят на север...

Мы ехали между пологими восточными склонами Горелого вулкана и скалистым белым хребтом. Перед нами на юге возвышался Мутновский вулкан — цель нашей поездки.

По узкой заснеженной лощине все быстрее и быстрее неслись под уклон нарт. Ущелье пролегло вдоль северо-западного подножия Мутновской сопки, оно должно было вывести нас в долину реки Мутной.

Вулканическая деятельность и ледник, некогда образовавшийся в кратере, разрушили высокую вершину Мутновского вулкана, и ее место заняла огромная двойная воронка, окруженная кольцом зубчатых стен из уцелевших склонов вулкана. На дне этой колоссальной воронки-кальдеры протекает современная вулканическая деятельность Мутновской сопки. Единственным путем в «недра» вулкана является ущелье реки Мутной, берущей свое начало в центре вулканической кальдеры. Мы стремимся достигнуть долины Мутной, чтобы по ней подняться к вулкану и проникнуть за гребни кальдеры.

Только зимой, когда бурный поток, несущийся по дну ущелья, закрыт многометровым слоем льда и снега, возможен этот путь.

Быстро мчимся по все увеличивающемуся уклону ущелья. Внезапно я увидел, что проводник из всех сил налег на остол и резким торможением остановил нарту. Поспешив сделать то же, я подошел к снеговой кромке, в нескольких метрах от которой мы остановились. Дорогу преграждал глубокий обрыв; нависшие над ним черные скалы, полупокрывые снегом, делали невозможным дальнейший путь.

Закрепив нарт колыями, чтобы порывы ветра не сбросили их вместе с собаками в пропасть, решаем продолжать путь пешком.

Мутновский вулкан теперь к востоку от нас, и, поднявшись на склон ущелья, мы идем по плоской поверхности дола, тянущегося от подножия вулкана к чернеющему вдали ущелью.

...Громадное белое облако окутывает скалистые гребни вулкана. Оно клубится, поднимаясь ввысь причудливым столбом, пробивая стелющиеся над вершиной тучи.

Всходит солнце, и его первые лучи озаряют верхний край газового облака, затем окрашивают в красноватые тона скалистый гребень вулкана. В глубине разорванного ущельем массива еще царит полумрак. Под-

нимающиеся из глубин пар и газ сливаются с бледным фоном ледника, сползающего от гребней.

Всего несколько километров отделяют нас от вулкана, и кажется, что очень скоро мы достигнем цели. Однако пришлось пересечь несколько заснеженных долин, прежде чем подошли к ущелью реки Мутной.

«Большой слой пепла на снегу препятствовал езде на лыжах и портил полозья наших саней. Мне не удалось проникнуть внутрь кальдеры, так как было опасно идти на лыжах вдоль скал по краям кальдеры», — писал известный исследователь Камчатки геолог К. Богданович, посетивший Мутновскую сопку в конце прошлого века.

К нашему счастью, пышные клубы белого дыма над вулканом не сопровождалась выбросами пепла. Но удастся ли нам спуститься по обрыву каньона на дно ущелья и не сорвала ли уже река ледяных мостов, навешенных над нею морозом? Эти вопросы волновали нас.

Наконец, преодолев последнюю падь, мы достигли снежного карниза, нависающего над ущельем Мутной. Заглянув на дно ущелья, мы заметили в снегу черные провалы, в которых несется бурлящая река. Но в нескольких сотнях метров вверх по ущелью снег закрывает долину сплошным покровом, и по этому склону можно смело спускаться на дно.

Обрадованные, мы спускаемся в ущелье. Прямо перед нами возвышается высокая скалистая стена, покрытая красноватыми осыпями вулканических выбросов. Это западный край кальдеры, разорванный ущельем. Мощный столб белого дыма поднимается к югу от ущелья над вершиной гребня.

Порывы ветра проносят над нами белые клубы вулканических газов, временами достигают глубины ущелья, и удушливые серные газы попадают в горло, вызывая кашель. Местами по гребню кальдеры и его склону сохранился пожелтевший снег. По обрывистым склонам струится вода, скатываются глыбы лавы и серы.

Перейдя по снежному мосту, мы поднимаемся по ущелью, прорезавшему западный склон вулкана. Путь лежит в хаосе скал и лавовых потоков. В ущельях белеют вечные снега. На белой поверхности снежников, как змеи, извиваются «лахары» — узкие грязевые по-

токи, образованные кашеобразной массой вулканического пепла и обломков лавы.

Над краем ущелья, среди черных, бурых и светлых лав, покрытых белым налетом, возвышаются янтарно-желтого и зеленоватого цвета скалы. Это чистая сера, среди массивных глыб которой пятнами белеют алуниты. Скопления серы отмечают места уже умерших фумарол — отверстий, через которые из глубин Земли поднимаются по трещинам раскаленные вулканические газы.

Летом 1923 г. наш проводник П. Г. Бурнашев поднялся на Мутновскую сопку со шведской ботанической экспедицией. Так как летом нельзя было проникнуть к кальдерам вулкана по Мутновскому ущелью, исследователи поднялись на северный гребень кальдеры и через ущелье реки Мутной могли видеть строение вершины южного гребня. Они насчитали на гребне пять небольших кратеров, вытянутых цепочкой. Самый северный кратер располагался над ущельем и имел форму эллипса диаметром около ста метров. Мощный столб сернистых газов и паров вырывался из отверстия.

Рядом видны три маленьких круглых кратера, а несколько поодаль, на уступе скалы, еще один. На стенках узкого ущелья снег не держится благодаря их крутизне и теплу фумарол. Здесь хорошо заметны слои вулканических туфов и конгломератов из громадных глыб. Эти породы пестрят разнообразнейшей окраской, а вокруг на снегу лежат желтые глыбы серы.

...Мы поднимаемся по ущелью уже под самым гребнем. С отвесных скал на нас скатываются маленькие водопадики тепловатой воды.

Протаявший и рыхлый желтоватый снег на дне ущелья покрыт вулканическим пеплом, временами вылетающим из верхнего кратера. Подъем становится круче, ущелье поворачивает к северу, и мы видим северную внутреннюю стенку кальдеры.

До самого гребня склон пестро окрашен в цвета, которые приобретают горные породы под действием фумарольных газов. У подножия северной стенки из глубин кальдеры поднимается густое облако дыма. Значит, там также находится активное фумарольное поле.

Еще несколько десятков метров, и, преодолев последний снеговой уступ, мы очутились внутри кальдеры и остановились, пораженные открывшейся фантастической по красоте картиной.

Ущелье реки Мутной, прорезанное в склоне вулкана, внезапно расширилось, и мы вступили внутрь глубокой котловины, лежащей в центре вулкана. На высоком скалистом уступе против входа в ущелье беспорядочно громоздятся сверкающие на солнце зеленовато-голубые скалы: одни напоминают громадные кристаллы изумруда, другие сверкают подобно горному хрусталу. Голубые прослойки чередуются с белыми и изумрудными. Это отколовшиеся громадные глыбы льда, сползающие с восточного края кальдеры. Черные прослойки во льду образовались из вулканического пепла, выброшенного на ледник во время извержений.

Слева от нас поднимаются пестрые отвесные скалы северного гребня кальдеры. Разрушаясь, они приняли своеобразную форму, напоминавшую поставленные вертикально бок о бок лодки, повернутые к нам днищами. Скалы такой формы камчадалы называли «кутхинными батами» в честь древнего языческого бога, сушившего так свои лодки [баты].

Осторожно ступая по рыхлому, глубоко проваливающемуся под ногами снегу, мы идем вдоль скалистой стены кальдеры к югу. Снег пожелтел от пепла и серы. Нас окружают облака сернистых газов и пара. Над нами, теперь уже к западу, поднимаются белые клубы пара из кратера на гребне кальдеры. Впереди слышится неумолчное шипение, и густые струи пара с силой вырываются в разных местах из-под обрыва, на котором висит ледник.

Ветер дует в одном направлении. Мы стараемся идти, не попадая в клубы газа. Солнечные лучи, проникая сквозь пелену водяных паров и газов, расцвечивают ее всеми красками радуги. Пройдя метров сто вдоль занесенного снегом русла Мутной, мы поднимаемся на пеструю скалу, покрытую многочисленными маленькими отверстиями, окруженными наростами ярко-желтых кристаллов серы. Газ не выходит из отверстий, и оранжево-желтая скала совершенно холодна. По наблюдениям геолога Конради, в 1909 г. из

этой скалы сильными струями бил пар и газ, но с тех пор фумаролы прекратили свою деятельность и скала остыла.

Отсюда хорошо видно строение южной части вулкана. У наших ног лежит круглое голубое озеро, около ста метров диаметром. Возможно, оно и больше, но северную часть его покрыли льды, и границы берегов нельзя установить. Тонкая кромка льда мешает подойти к воде. Лед на поверхности озера указывает, что вода холодная.

В том же 1909 г. Конради застал это озеро теплым, на поверхности плавала сера. Очевидно, в то время на дне его активно действовали горячие фумаролы, теперь почти угасшие. Ботаник Гюльтен, посетивший летом 1923 г. Мутновский вулкан, не обнаружил озера. Бурашев, бывший проводник Гюльтена, сообщил, что место, где сейчас находится озеро, тогда было покрыто снегом.

Можно заключить, что деятельность горячих фумарол на дне озера периодически возобновляется. К 1923 г. фумаролы, по-видимому, угасли и озеро было покрыто льдом даже летом. К югу от него находится громадная котловина главной кальдеры вулкана. Это правильный ледниковый цирк, диаметром около двух километров, окруженный высоким венцом черных скал. Дно цирка имеет общий наклон на север.

Мрачно и пустынно в громадном цирке. Даже ледник, некогда покрывавший его склоны, растаял благодаря общему потеплению климата на Камчатке. Чаша цирка занесена снегом, здесь не видно ни скал, причудливо раскрашенных фумаролами, ни разносимых по ветру клубов пара, как в северной части вулкана.

Наше внимание привлекла скала у подножия ледника к востоку от озера. Здесь с шумом действовало бесконечное количество фумарол, окутывая скалу снизу доверху густыми облаками пара и газа. От горячих паров снег на скале обтаял и нависал причудливыми гроздьями, напоминая потоки гейзерита на горячих ключах.

Со стороны озера, за скалами, с шипением вырывались мощные газовые струи. У скал снег протаял и образовались глубокие черные пещеры. Из них вы-



ползали облака пара. Конусообразная вершина скалы, сложенная цветными глыбами туфов и бурой глины, пронизана и сцементирована серой. Конус ее окутан густым облаком сернистых газов и паров, к нему страшно подойти.

Полого спускающийся к востоку склон скалы покрыт многочисленными фумаролами в трещинах между глыб и гладких маленьких конусов, словно вылепленных из темно-красной глины.

Одни фумаролы выбрасывают пары газа со свистом, другие — громко шипят, а из самых маленьких доносится слабое жужжание. И кажется, что где-то бьется муха, застрявшая в паутине.

Фумаролы, из которых не выходит пар, особенно горячи. Они имеют температуру свыше ста градусов. Поднимаясь среди скал, мы стараемся миновать раскаленные струи газа. Здесь можно без дров сварить себе обед.

По мере приближения к вершине западного гребня склоны вулкана становятся теплыми и ноги вязнут в глине. Порывы ветра доносят белый туман вулканических газов. В горле першит, мучает кашель. Мы достигаем кромки скал, обрывающихся над кратером. У ног лежит густой молочно-белый полог. Кратер кажется бездонной чашей, налитой до краев молоком. Но вот порыв ветра сорвал край белого облака газов, скрывавших кратер у наших ног, и мы невольно отшатнулись: наша скала висит над головокружительным обрывом, дна которого не видно. Из глубины доносится неумолчный шум, напоминающий гул самолета. Внизу густыми струями бьет из скал белый газ. Несколько секунд — и ветер вновь закрывает газовым облаком кромку кратера.

Внезапно облачный экран снова раздвинулся перед нами. За ним, в глубокой чаше среди черных слоистых скал, открылось круглое изумрудно-зеленое южное кратерное озеро. На его поверхности плавают льдины, покрытые черным пеплом. Над озером, на склонах обширной котловины, лежит ледник. А рядом гудит горячий кратер. Энергия, способная вдохнуть жизнь тысячам паровых котлов, в течение многих веков бесполезно расточается...

Солнце стоит уже низко, когда мы идем назад по ущелью. Спускаясь заснеженной долиной реки Мутной, мы заметили вдаль, где ущелье сворачивает к югу, облако водяного пара. Река низвергалась там в глубокое ущелье, и облака пара и водяных брызг клубились над водопадом.

С моря наплывает туман и быстро переползает через вершины сопки. У самого ущелья, где были оставлены собаки, туман накрыл нас. Окруженные сырой белой мглой, мы едва могли разглядеть друг друга на расстоянии нескольких шагов. Надвигалась ночь. Опасно ночевать здесь, на краю обрыва, где сильный порыв ветра может сбросить в пропасть. Но и ехать ночью в тумане рискованно. Заблудившись, можно скатиться в один из глубоких каньонов, часто пересекающих долины.

Однако мы решаем ехать, полагаясь на инстинкт ездовых собак. Более трех часов продолжалась эта езда в непроглядной темени пустыни.

Внезапно полог тумана разорвался и над головой мелькнули звезды. В несколько минут туман рассеялся. Мы увидели, что въезжаем в «коридор» у северных склонов вулкана Горелого.

Только благодаря собакам мы вслепую проехали около двадцати километров и скоро расставляли свою палатку на месте старого лагеря.





**В** начале века в «Известиях русского географического общества» было опубликовано сообщение геолога К. И. Богдановича\*, работавшего в то время на Камчатке, об открытии его экспедицией большого вулкана, замечательного своими живописными формами разрушения. Основание вулкана — около 10 км в поперечнике, а наибольшие высоты его руин достигают 2100 м. Этот вулкан расположен в Срединном хребте у верховьев реки Колпаковой, среди древних кристаллических пород. Это вулкан Хангар, что значит Дыроватый Камень.

Развалины Хангара являются горным узлом, отесняющим водораздел Срединного хребта к западу, и представляют собой высокие острые гребни, возвышающиеся над широким плато. На юге под дикими гребнями Хангара находится маленькое кратерное озеро. Но увидеть его К. И. Богдановичу не удалось, так как путь экспедиции с юга преграждали крутые утесы. Достигли озера Хангар участники экспедиции Академии наук СССР в 1936 г. Когда спустились в почти круглую чашу кратера, окруженного крутыми скалами, то оказались на берегу озера, около 1 км в диаметре.

Однако подробных исследований Хангара провести не удалось: подходила осень, и геологи торопились вернуться в долину реки Камчатки, пока снега не за-

\* В 1898—1900 гг. обширные геологические изыскания на Камчатке были произведены профессором К. И. Богдановичем, в работе которого, вышедшей на немецком языке, впервые дана общая картина геологического строения Камчатки и многих вулканов, составлена геологическая карта полуострова.

несли перевалы. Прошло много лет, и мы решили разгадать тайны вулкана. Работа началась с аэросъемки.

Мы летим, все удаляясь от океана, пересекая долину реки Камчатки между Срединным и Восточным хребтами. Вот внизу гигантская горная «пила» — это хребет Ганальские востряки. Их скалистые снежные вершины сверкают на солнце, как будто только что отточенные зубцы. Больше чем за сотню километров виден на юге стройный белый конус сопки Опалы. Сквозь дымку тумана на дне долины разглядываем разбросанные по бархатно-зеленому ковру лесов серебристые озера; капризно извивается лента реки Камчатки. Но вот мы пересекаем широкую межгорную долину реки, и картина снова меняется.

Внизу — гребни Срединного хребта. Какие гиганты воздвигли эти мрачные зубчатые стены и причудливые башни, рассекли их крепостными рвами бездонных ущелий!

Вот темные скалистые обрывы сменяются громадными чашами ледниковых цирков. К югу хребет становится все выше и мрачнее, угрожающе поднимает острые гребни скал навстречу самолету.

Наконец, пересекаем Срединный хребет, и у западных его склонов видим плоскую зеленовато-бурую равнину с раскиданными по ней серыми пятнами озер. Это Западно-Камчатская низменность. Вдали, у ее края, мерцает Охотское море.

Самолет поворачивает к северу и летит над западными склонами хребта. Справа, среди большого массива высоко вознесенных над грядями скал, показалось голубое озеро Хангар.

Руины вулкана возвышаются в широкой котловине, окруженной высокими горами. Черные скалистые гребни круто обрываются к глубокой чаше, в которой покоится озеро.

Вулкан красив, словно Камчатка украсила себя брошью невиданных размеров. Кольцо скал — лепестки черного цвета; посредине словно драгоценный густо-синий камень, а к краям — ясно-голубой. Темные тени скал ложатся на воды озера, недалеко от южного берега поднимаются три коричневых, как будто бархатных, островка.

Самолет подбрасывает воздушными потоками, и это затрудняет съемку. Когда проваливаемся в воздушные ямы, озеро устремляется вверх, и тогда зубцы черных скал внезапно появляются у окна кабины. Когда же машина, разворачиваясь, круто кренится, кажется, что кольцо скал опрокидывается вместе с озером.

Температура в кабине ниже нуля, трудно дышать в разреженном воздухе, приходится пользоваться кислородными приборами.

Вновь и вновь повторяем рейсы. Слышен непрерывный треск фотоаппаратов. Семь раз пролетаем над Хангаром, получая подробные аэрофотоснимки вулкана и подступов к нему — снимки необходимы для нашего путешествия к вулкану.

Экспедиция к Хангару интересна не только для геологов: научные сотрудники Тихоокеанского института рыбного хозяйства и океанографии просят выяснить, имеет ли озеро сток и не заходит ли в него рыба на нерест! Как оказалось, рыбы в озере нет, ей туда не попасть, так как озеро имеет сток только по родникам под скалами южной вершины.

Поход к Хангару — длинное путешествие по болотам и тундрам: из Петропавловска до села Милькова едем на машинах. Новенькие грузовик и «козел» с лебедкой взялись на своих колесах вынести нелегкую работу. Тогда о дороге еще думать не приходилось — искали сухие просеки, гатили болота, арканили березы и подтягивались на лебедке; через реки переправлялись вброд. Один раз пришлось устраивать машины на двух связанных вертявых и неустойчивых ботах, чтобы переправиться через приток реки Камчатки возле села Верхне-Камчатск. Так добрались до Милькова, где машины оставили отдыхать. Снарядили караван выючных лошадей, чтобы на них проехать через высокие перевалы на западный склон Срединного хребта.

Проводником Хангарской экспедиции 1936 г. был охотник А. И. Верещагин. Он единственный во всем Мильковском районе знает дорогу к Хангару. Мы разыскиваем Верещагина, и после переговоров с председателем колхоза его отпускают.

Андрей Иринархович — уже не молодой камчадал, житель селения Верхне-Камчатска. Он опытный охотник

и тонкий знаток природы Камчатки, очень воспитанный, гуманный и дружелюбный человек.

Десять дней наш отряд движется к цели. Вначале по болотистой тундре и горным увалам, вдоль восточных склонов Срединного хребта, вверх по реке Камчатке. Затем в склоне хребта перед нами открывается широкая долина реки Санопадь, и мы начинаем подниматься по ней к каменистому перевалу. Долина постепенно суживается. Все выше громоздятся гребни окружающих ее гор. Яркий солнечный день сменяется прохладными сумерками, когда нас накрывает тень зубчатых скал, стиснувших перевал с обеих сторон. Чуть заметная тропинка «шахма» то поднимается на скалистые высоты, то скрывается в зарослях ольховника. Люди годами не ходят здесь, а о том, чтобы тропа не заросла окончательно, заботятся только медведи. Но несмотря на их труды, проводнику, идущему впереди, то и дело приходится расчищать дорогу топором.

На крутых подъемах слезаем с лошадей и карабаемся среди камней, временами держась за хвосты лошадей.

На вершине перевала, в сквозной ледниковой долине-троге раскинулась цепь тихих, чистых озер. Некоторые из них больше километра длиной. Далеко внизу остались шумные горные речки, а здесь тишину нарушает только наш отряд. Лошади бредут по берегам озер, четко слышен каждый всплеск воды под их копытами.

Миновав озера, мы выезжаем на широкую кочковатую тундру. Позади сомкнулись зубчатые стены скалистых вершин водораздела, а впереди открывается широкая долина реки Колпаковой. Несколько дней спускаемся вниз по этой долине. Коня вязнут в топях тундры и проваливаются в «медвежьи ванны» — крохотные озерики среди болот. Мы то карабаемся по крутым откосам над ревушим внизу горным потоком, то переправляемся вброд через пенные речки. Не раз наши кони срывались с косогоров, и мы вылавливали из речек выюки. Когда караван идет по более спокойным притокам реки, из-под ног лошадей шарахаются большие стаи камчатских лососей. У них тоже свои походы и трудности: на перекатах они пробираются по камням и их блестящие спины наполовину торчат из воды.

Мохнатые рыболовы медведи не зевают и по берегам протаптывают сотни тропинок. Иногда они не успевают скрыться от нас, и лошади при виде зверя испуганно рвутся и сбрасывают поклажу.

Наш проводник в глубокой воде искусно ловит рыбу «ластиком» — старинным камчадалским орудием. Это крючок, прикрепленный к длинному шесту на шарнире. В мелкой воде, ударив палкой, он берет рыбу прямо руками. Мы едим ее с не меньшим аппетитом, чем наши лохматые лесные хозяева, но вареную.

По реке Хейван, правому притоку Колпаковой, сворачиваем на север к ее истоку, берущему начало на склонах Хангара. Пробираясь по высоким террасам, наконец, вплотную проходим к скалам, за которыми скрывается озеро. Много раз мы пытались подняться из ущелий рек у южных склонов вулкана к его скалистым гребням, но каждый раз отступали. Непроступные горы, казалось, вгрызались в самое небо, и на их острых зубцах то и дело повисали белые клочья облаков. В глубоких ущельях гремели водопады, и со скал на нас с любопытством глядели горные бараны.

Пришлось обойти вокруг западных склонов, чтобы достичь его более гостеприимного северного подножия, прорезанного ведущей к кратеру долиной.

**ОЗЕРО В КОЛЬЦЕ ГОР.** День был на исходе, когда мы спустились на дно долины между гор с плоскими вершинами. Лагерь разбили среди последних кустов ольховника, выше которых начинаются каменистые красноватые склоны.

Время уже позднее, но желание скорее увидеть озеро гонит усталость. Торопливо поднимаемся по склону и, наконец, достигаем вершины гребня, видим глубоко внизу озеро. Но что это! Правая его часть заслонена от нас огромной фигурой сидящей старой женщины, устало склонившейся над водой. Это скала причудливой формы. Коряки-оленьеводы называют озеро в честь этой природной скульптуры «Анна Геттыген», что значит «Бабушкино озеро».

По осыпям обрывистого склона добираемся до скалы. На ее вершине небольшая каменистая площадка.

Отсюда видна вся поверхность озера. Ни малейшая рябь не нарушает зеркального спокойствия воды. В ней отражаются темное кольцо гор, красноватые островки, желтые травы и белые снега. Теперь озеро не просто голубой камень — в нем появились живые переливы красок. Бледные тонкие облака скользят над нами. Причудливые утесы вокруг озера напоминают декорации — появляется ощущение, что скала, на которой мы стоим, непрочно прислонена к обрывистому склону. Спускаемся к раскинутым на склоне палаткам, которые сейчас кажутся гораздо прочнее и надежнее фантастических каменных скал.

На следующий день переносим нашу палатку на вершину гребня к северному берегу озера. Сегодня оно не такое спокойное, светлое, как вчера. По нему катятся серые волны. Бурлит вода, попадая в трещины вертикально опускающейся в озеро скалы. Хотя озеро неприветливо и неудобно, я надуваю резиновую лодку и пускаюсь по нему в первое плавание.

У самого берега, несмотря на волнение, видны голубые шары камней на дне, но уже метрах в двадцати от берега озеро становится бездонным. Незаметно меня относит все дальше и дальше. Через борт моего резинового ботика заплескивается вода.

Единственное весло помогает мало, порывистый ветер дует то из одного, то из другого ущелья, кружит на месте. Голубая бездна, отделенная от меня пятисантиметровым бортом лодки, уже потеряла свою романтическую прелесть. В горле пересохло от напряженных усилий подплыть к берегу. Зубцы окаймляющих озеро скал кружатся вокруг меня хороводом. Единственное, что мне оставалось сделать, это поймать основную струю ветра и плыть, подгоняя ботик веслом не туда, куда хотелось, а на противоположный берег.

В ботике приходится сидеть неподвижно, прямо вытянув ноги. Едва пытаюсь немного повернуться, как дно лодки изгибается, и у меня появляется ощущение, что я сижу на холодной, мокрой спине какого-то дикозипного морского зверя, который пытается выскользнуть из-под меня. Понемногу, с помощью ветра двигаюсь к южному берегу и вот, наконец, скалистые гребни прикрывают своей тенью.

Промокший, с онемевшими от неподвижного сидения ногами, выбираюсь на берег. Теперь придется возвращаться обратно босиком. Но когда я смотрю на уютную, покрытую серыми волнами поверхность озера, прогулка вокруг озера по острым камням, с ботиком за плечами, кажется даже приятной.

Первая ночь на гребне вулкана проходит беспокойно. Всю ночь наплетает ветер — под напором палатка трепещет как парус. Днем ветер усилился, и озеро покрылось гребешками беспорядочно бегущих волн. Туман ползет со всех сторон, окутывая гребни гор и покрывая берега.

На вторую ночь на нашем маленьком море в кратере разыгралась настоящая буря. С шумом накатывается на скалы прибой, по туго натянутой парусине палатки барабанит град песка и мелких камней, летящих со склонов гор. Из каждого ущелья мчатся с яростным свистом вихри. Над озером они сталкиваются и взрывают поверхность воды. К берегам откатываются высокие волны, и их всплеск смешивается с завыванием ветра. Скоро мы лежим под сорванной палаткой и всеми силами стараемся удержать ее. Ветер стремится лишить нас и этого крова — он разорвал тент и забавляется всем, чем может. Он рассыпал дрова и посуду, вниз по склону с грохотом укатил трубы нашей печки и кастрюльки. Мы едва дождались рассвета, проведя бессонную ночь среди разгромленного лагеря. Пришлось перенести его на старое место.

Для исследования геологического строения вулкана мы вынуждены каждый день карабкаться вверх по каменистым склонам. Озеро встречает нас неприветливо: серые волны бегут к береговым камням и выбрасывают на них холодные брызги.

Озеро пустынно. Лишь маленькие птички, пестрые, как бабочки, порхают среди каменных россыпей. Ни одна утка или чайка не опустилась при нас на озеро. В нем нет пищи для птиц. Кроме серого ягеля да чахлых трав, вокруг нет растительности.

К концу сентября склоны Хангара покрываются снегом, который лежит здесь много месяцев, до конца июня, а местами и весь год. Когда выпадает снег, олени стада, летом пасущиеся на склонах вулкана, от-

кочевывают в предгорья Срединного хребта. И тогда вокруг вулкана наступает молчание снежной пустыни.

**ВУЛКАН В ВУЛКАНЕ.** Много дней проводим мы на скалах вокруг озера. Изучение горных пород, слагающих вулкан, показало, что скалистые гребни вокруг озера — это остаток вулканического конуса, возникшего в огромном кратере-кальдере более древнего вулкана. Постепенно становится ясна история вулкана. Долгое время молодой вулкан не извергался, как бы собираясь с силами. Вершина его оделась шапкой ледников, быстрые потоки прорезали в склонах глубокие долины. И растительность, покрывающая его склоны, придала ему мирный вид.

Но вот вулкан проснулся. Это было около 20 000 лет тому назад. Колоссальной силы взрыв мгновенно преобразил картину местности. Вспененная огненная река устремилась по склонам лавиной раскаленной пемзы, погребая долины, сжигая леса. А на месте вершины образовалась кальдера — громадный кратер, над которым долго еще поднимались вулканические газы. Постепенно углубление это заполнила вода, и создалось нынешнее озеро. Таким образом, все казалось просто и ясно.

Но когда мы приступили к исследованиям, появилось много вопросов. И нарисованная нами история вулкана подернулась туманом сомнений. Вулканическое происхождение вершин Хангара было ясным, но действительно ли озеро образовалось в кратере вулкана после его извержения? Каждый день мы возвращались из маршрутов промокшие от дождя и снега, но все еще не могли ответить на это вполне утвердительно. Возникли все новые и новые проблемы.

Надвигалась осень. Выпадающий на гребни Хангара снег в начале сентября перестал уже таять. Особенно трудны были походы на южные гребни, увенчанные столбообразными скалами, сложенными вулканическими туфами. Основания этих высоких скал покоятся на наклонном слое рыхлых туфовых песков, состоящих из мелких обломков лав. Их размывают потоки, бегущие с вершины. И скалы оказываются стоящими на



тонких песчаных ножках. Они не выдерживают тяжести глыб и обрушиваются вниз.

Обвалы загромазжают единственную протоптанную горными баранами тропинку, и без того достаточно узкую и труднопроходимую, особенно когда ее покрыл снег. Опасливо ходим по ней, но загадка по-прежнему остается неразрешенной.

Решаю еще раз переплыть озеро и измерить его глубину. Нельзя сказать, чтобы первое мое катание на лодке оставило приятное впечатление. Тем не менее пришлось повторить путешествие. В тот день погода была еще хуже, чем обычно: туман, скрывавший берега, создавал впечатление безбрежности озера.

От берега глубина быстро увеличилась и к середине достигла более ста метров. Моего шнура с привязанным камнем до дна не хватило. У южных берегов лежат три красноватых острова, гладких, словно отшлифованных, их подводные склоны круто спускаются на дно.

Плавание не доставило удовольствия и, главное, не прояснилась история образования котловины.

В кратере обычным было бы видеть самые молодые по возрасту лавы и рыхлые вулканические выбросы. На Хангаре картина была другая. Остывшие лавины в виде мощных толщ пемзового песка покрывают склоны и подножия вулкана. Но по берегам озера и на склонах, обращенных к его котловине, пемзы нет. Но при образовании кальдеры пемза должна была быть. Почему же ее нет? Напротив того, скалы, обрывающиеся к самой воде, сложены из горных пород древних извержений. Островки в озере тоже сложены из массивных лав. Известны случаи образования в кратере вулкана высоких лавовых куполов. Они создаются вязкими лавами, которые при извержении не растекаются в виде потоков, а поднимаются вертикально скалистыми обелисками. Наружные гребни кратера обычно бывают гораздо ниже, а здесь они подняты высоко над озером и островками; больше километра высоты достигают эти обрывы. А может быть, на вершине вулкана действовали еще какие-то другие силы природы? Они-то и удалили из кальдеры пемзу и вытесали ее вертикальные скалистые склоны, прежде чем возникло озеро. Какие же это силы?

**СЕКРЕТ КАЛЬДЕРЫ.** В один из ясных осенних дней взбираюсь на восточный гребень кальдеры, чтобы внимательно осмотреть с высоты все склоны.

Самые низкие гребни каменного кольца, окружающего озеро, видны на юге и на севере. Мое внимание привлекает невысокий, поросший травой седлообразный перевал, лежащий между северными скалистыми гребнями кальдеры. Склоны его, обращенные к северу, имеют пологий спуск и достигают широкой долины с плоским дном. Склоны же, обращенные к озеру, обрываются круто к его чаше. По обе стороны этой седловины поднимаются самые высокие скалы гребней Хангара, сложенные массивными лавами.

Если эта седловина образована в результате размывания склона ручьями, то почему в настоящее время этот процесс не продолжается? Ведь для того, чтобы прорезать такую глубокую и широкую долину в самых высоких и устойчивых стенках кальдеры, сложенных крепкими лавами, нужна была большая река или другие силы, протесавшие дорогу в крепких скалах. Откуда текла эта река и почему в настоящее время исчезли эти силы, уже не разрушающие северный склон вулкана? В то же время южные гребни кальдеры несут следы очень сильного современного разрушения ручьями, прорезающими крутые глубокие ущелья. Однако здесь нет таких глубоких плоских седловин, как этот северный перевал. Значит, перевал и долина склона образованы не ручьями, а каким-то мощным процессом разрушения, в настоящее время совершенно прекратившимся.

Замечаю, что островки, расположенные ближе к южному берегу, имеют вид трех ножевидных гребней, вытянутых как раз по направлению к северному перевалу. Это не может быть случайным. Вероятно, все связано с происхождением перевала, ведущего из кальдеры!

Внезапно мелькает мысль — ледник!! Ведь кальдера могла служить ледниковым цирком, а северный перевал — выходом ледника из цирка. Ледник начинался у крутых гребней южного края кальдеры и двигался по направлению к северу. Он отшлифовал скалы, торчащие на дне кальдеры, и придавал им форму узких гребней, вытянутых на север.



Обрадованный своей догадкой, направляюсь к северному перевалу. Если здесь находится выход из ледникового цирка, то должна быть и морена — вал из валунов, перенесенных ледником.

Я не ошибся: весь перевал оказывается сложенным крупными окатанными и неокатанными глыбами всевозможных пород — лав и туфов, принесенных ледником из южной части кальдеры. Моренный вал опускается на дно озера, и видно, как голубоватые валуны постепенно затуманиваются и исчезают в глубине озера.

Сразу стало понятным отсутствие пемзы вокруг озера. Когда сокращавшийся ледник замкнулся в котловине и стал таять, воды уносили всю легкую плавающую пемзу через моренный вал. Озеро, образовавшееся на месте ледника, было подпружено мореной, и сток вод на северные склоны вскоре прекратился, благодаря чему моренный вал сохранился неразмытым.

Так постепенно удалось сопоставить все результаты исследования древнего вулкана и разрешить загадку происхождения озера. Стало ясно, что вулкан в послеледниковое время уже не действовал, а озеро имеет ледниковое происхождение и образовано в кальдере обезглавленного взрывом вулкана. Разгадка пришла вовремя, пора было уходить. Стадо оленей, с пастухами которого мы подружились и делились продовольствием, уже спускалось со склонов Хангара вниз, на более гостеприимные пастбища. С каждым днем все больше выпадало снега и вокруг озера на камни намерзали льдинки. Надо было спешить, пока перевалы были свободны от снега, перебраться через Срединный хребет в долину реки Камчатки, где нас ждали машины.



**К**амчатская вершина — вулкан Бакенинг является своеобразным водоразделом трех крупнейших рек полуострова: Камчатки, Авачи и Быстрой, пересекающих полуостров в трех противоположных направлениях.

Первые сведения об этой интереснейшей в геологическом и географическом отношении местности получены более 200 лет назад. Степан Крашенинников в 1755 г. писал: «Авача, по-камчатски Суаачу, устьем впадает в губу Восточного океана, а вершиною вышла она из-под горы Баканг [некрытый балаган] называемой, до которой с устья верст с полтораста почитается».

С вулканом Бакенинг и с озерами, лежащими у его подножия, были связаны фантастические поверья камчадалов. Они считали, что здесь находится обиталище злых духов, устрашающих людей своими голосами. Когда в озере, лежащем в верховьях реки Авачи, считалась отравленной и кишасей кровожадными двухголовыми лососями.

В древние времена жители Камчатки были свидетелями крупных вулканических катастроф, в результате которых вулканы, разрушенные страшными взрывами, превращались в груды камней и пепла, покрывающих окрестности на многие десятки километров вокруг. Воронки-кальдеры, образующиеся на месте катастрофы, быстро заполнялись водой. Очевидно, так было образовано два озера — в кальдере Ксудач на южной Камчатке и в кальдере Узона на восточном побережье полуострова.

Величественные, вселяющие ужас извержения вулканов, заставляли камчадалов избегать посещения «горящих сопок», считая их священными жилищами мертвых.

Более чем через сто лет после работ С. Крашенинникова ученый К. Дитмар\* проник к Камчатской вершине и сообщил первые сведения о вулкане Бакенинг. В его полуразрушенном кратере он обнаружил высокую вертикальную скалу-obelisk, который был выдавлен из недр Земли во время последнего извержения и застыл в виде громадного памятника.

В наше время две экспедиции — А. В. Щербакова и Б. И. Пийпа — с большими трудностями проникли в область Камчатской вершины в 1934 и 1936 гг. Геологам приходилось преодолевать бурные потоки, лесные чащи и непроходимые каменные завалы. Не раз путешественников застигали густые облака с дождем и снегом, выпадающим в этих местах даже летом. Казалось, что Камчатская вершина была изучена достаточно хорошо.

На аэрофотосъемку вулкана Бакенинг мы летели из Петропавловска менее часа. В этот же рейс были засняты кратер Авачинского вулкана и вершина Корякской сопки. В боковые иллюминаторы перед нами открывалась суровая картина скалистых заснеженных хребтов. Среди них в широкой котловине возвышалась снежная вершина Бакенинга, на черных зубьях которой повисло белое пушистое облако.

Высоко в горах, у подножия Бакенинга, лежали красивые озера, подобные пластинкам голубой эмали, брошенным среди хаоса скал. Глубокая скалистая расщелина прорезала восточный склон вулкана от вершины до подошвы.

\* Первое специальное геологическое исследование Камчатки было произведено Карлом Дитмаром, который отправился на Камчатку осенью 1850 г. для исследования ее в географическом и преимущественно в геологическом отношении. Со стороны Восточно-Сибирской администрации ему было «настрожайше приказано обратить особое внимание на нахождение металлов, каменного угля и других более ценнейших продуктов минерального царства». Дитмар провел 5 лет в путешествиях по Камчатке и составил описание многих вулканов. Им было высказано предположение о кальдерном происхождении Авачинской бухты и о расположении вулканов в виде рядов, «проходящих по всей Камчатке с северо-востока на юго-запад, по направлению общей главной вулканической трещины».

К северу от Бакенинга мы увидели черный конус известного ранее вулкана. К западу и востоку от него лежали два громадных потока лавы. Западный поток перегородил речку, из которой потом образовалось озеро. Позднее, рассматривая карту Дитмара, я увидел, что его маршрут огибал вулкан Бакенинг с востока на северо-запад. Скалистая стена, у подножия которой прошел караван Дитмара, была южным бортом западного лавового потока вулкана Ново-Бакенинг [так был назван нами этот вновь открытый вулкан]. Истинную природу лавового потока Дитмар не мог разгадать, так как поверхность его и сам вулканический конус Ново-Бакенинга были скрыты скалами двадцатиметровой высоты. Только с самолета, летящего на высоте 3,5 км, новый вулкан и его лавовые потоки были видны как на ладони.

С юга, от верховьев Авачи, откуда обычно подходили исследователи, вулкан Ново-Бакенинг закрывали горы. С севера от Бакенинга лежит труднодоступная местность, куда проникали лишь охотники.

Аэрофотосъемка вулкана дала лишь общие представления о географическом положении и строении вулкана. Расшифровка снимков позволила произвести измерения высоты вулканов Камчатской вершины, площади и объема излившихся лавовых потоков, но геологическое строение и историю образования их могли расшифровать только наземные геологические работы. Поэтому, вооружившись аэрофотоснимками вулканов, мы предприняли поход к Камчатской вершине.

Вулкан Бакенинг в ясную погоду хорошо виден из села Елизова, но только на третий день пути вверх по долине реки Средней Авачи было достигнуто его южное подножие. Здесь долина реки оказалась заваленной громадными ледниковыми валунами, непроходимыми для лошадей. Пришлось подняться на придолинную террасу, на высоту 200 м над рекой, и пробираться в зарослях кустарника.

По террасе мы прошли несколько километров, спустились к озеру, лежащему у юго-восточного подножия вулкана Бакенинг, нарушив пустынное спокойствие этой местности: спугнули двух медведей, мирно повивших рыбу на берегу озера, и стаю уток.

На пути вставали неожиданные препятствия — возвышенности, казавшиеся на фотоснимках маленькими бу-горками, вблизи превращавшиеся в крутые неприступ-ные скалы. Подъем на их вершины длился часами и приводил в изнеможение.

Бурная река соединяла два озера, лежащих высоко в горах у восточного подножия вулкана.

Пробираясь по руслу, сквозь скалистое ущелье, мы подошли к верхнему озеру. Высокие снежные верши-ны, обступившие со всех сторон котловину, отражались в синей глади воды. И вот наконец мы оказались у скал, образующих южный склон лавового потока Ново-Бакенинга.

Карабкаясь по громадным скалистым глыбам лавы — «кекурам», трудно представить, что это борт лавового потока, если бы в руках не было фотографии с отчет-ливым изображением языка лавы. С большим трудом мы выбрались на поверхность потока.

По его борту, как по дамбе, мы пошли вниз и скоро оказались над широким озером. Лавовый поток, подоб-но плотине, перегородил речную долину. Берег ска-листыми уступами круто спускался к озеру, и черные скалы в виде маленьких островков торчали над проз-рачной как стекло поверхностью воды.

Взобраться на вершину вулкана Ново-Бакенинг в этот день не удалось, и уже в темноте мы вернулись в ла-герь.

Несколько дней исследований позволили восстановить историю образования вулканов Камчатской вершины. Широкая котловина, окруженная кольцом гор, явилась местом образования Бакенинга. Этот вулкан вырос в результате последовательных излияний лавы из цент-рального кратера. Мощные извержения нагромождали лаву слой за слоем и образовали конус высотой около полутора километров. После образования вулкана на-ступил длительный период покоя, во время которого вершина его была разрушена, а склоны прорезаны глу-бокими ущельями.

Эти разрушения произведены водами и ветром. Можно себе представить громадный промежуток вре-мени, потребовавшийся для этой работы! Но вот дикая местность стала свидетелем новой бурной вулканиче-

ской катастрофы. Раздался подземный гул, и страшное землетрясение потрясло тихие окрестности. Вулканиче-ские взрывы образовали у северного подножия Баке-нинга два широких кратера, из которых полетели вверх раскаленные камни, песок и вулканические бомбы, за-сыпая окрестности и с шипением обрушиваясь в озеро. Над вновь образовавшимися кратерами выросли новые вулканические конусы и огромные лавовые потоки раз-лились вокруг. Западный лавовый поток распространил-ся по уклону и преградил путь реке. Скалистые нагро-мождения лавы образовали высокий черный конус Но-во-Бакенинга.

Интересное зрелище мы увидели, поднявшись на террасу юго-восточнее Бакенинга. Многие тысячи лет назад вулканический взрыв прорвал в поверхности тер-расы круглую воронку. Из нее была выброшена лава, образовавшая рядом с воронкой кратера высокий ска-листый холм из серых и красных обожженных глыб.

После окончания извержения дно кратера покрылось лавовой коркой, заткнувшей, подобно пробке, путь в недра Земли. Рядом расположился еще один неболь-шой вулкан с кратером на вершине. Вокруг кратера в красном вулканическом песке торчало на полметра над землей несколько вулканических бомб, напоминающих по форме огромные сигары, при падении глубоко вон-зившиеся в тепло вулкана.

Сложную задачу представляла расшифровка аэрофо-тоснимков вулканических конусов пади Костакан, распо-ложенных в 10 км к югу от вулкана Бакенинг. Главный вулканический конус здесь был разрушен излившимся из кратера лавовым потоком. Он унес на своей «спи-не» восточную половину конуса, при разрушении обра-зовавшую на поверхности потока два ряда холмов, сложенных рыхлыми вулканическими выбросами.

Судя по всем собранным данным, последние вулка-нические извержения в области Камчатской вершины происходили всего несколько тысяч лет тому назад. Может быть, предания, сохранившиеся среди камчада-лов о сверхъестественных явлениях в Камчатской вер-шине, являются отзвуками воспоминаний их предков о вулканических извержениях.



а восточном краю Азии, как узкий ивовый листок, едва держащийся на тонкой ветке, над бездной Тихого океана «висит» полуостров Камчатка.

На нем замыкается цепь огнедышащих вулканов, опоясывающая Тихий океан на протяжении десятков тысяч километров. Через глубокие разломы, проникающие в подкорковые глубины Земли, устремляется к земной поверхности поток огненной «плазмы», несущей громадную тепловую энергию.

Когда разгорается зарево вулканического извержения, его огни видны лишь на расстоянии нескольких десятков километров. Невелико и число зрителей этого удивительного спектакля. Большинство из них действует и думает по определенной программе научных исследований. Они берут отсчеты по приборам, размещенным вблизи вулкана, собирают факты и цифры. Изучается динамика извержения, даются прогнозы...

Но вспышка под кратером, быть может единственного в этот миг действующего вулкана в мире, освещает большой круг не только научных и философских, но и эстетических проблем. И, пожалуй, самым трудным является не сбор фактов и научных наблюдений, а именно передача впечатлений, получаемых непосредственно от созерцания огненной феерии извержения. Выразить ощущения человека, стоящего лицом к лицу с вулканом, сделав их понятными для людей, далеких от вулкана как по географическим причинам, так и по образу жизни и мыслей, — не так просто! Но начать все же нужно с фактов, среди которых многие собраны посредством приборов. Ведь если зрение, слух и осязание делают нас причастными к краскам, звукам и теплу, источаемым из глубин Земли, то предвестники

извержения, глубина его очага, энергия, температура лавы, положение трещин и жерл, уходящих вниз, становятся известными лишь при помощи сейсмографов, барографов, магнитометров, акустических и тепловых приемников информации, передаваемой вулканом и не воспринимаемой непосредственно человеком.

Еще никого не осенило прозрение, где и когда начнется новое извержение, как сейсмографы на станции Ключи, к северу от Ключевского вулкана, начали регистрировать землетрясения вулканического типа — сильные дрожания фундамента вулкана, вызванные подъемом газа и лавы из неведомых глубин.

В это время — во второй половине 1966 г. Ключевская сопка уже не дремала — исполинский ее конус, несущий на почти пятикилометровой высоте громадную чашу кратера, в которой могла бы свободно разместиться новая московская гостиница с прилегающей Красной площадью, дышал огнем.

Кипящие лавовые озера пылали в двух жерлах на дне кратерной воронки. Взрывы газов взметывались на несколько сот метров вверх огненными фонтанами, которые едва достигали кромки кратера, как возвращались обратно ливнем раскаленных вулканических бомб. Заполнить чашу кратера и излить потоки лавы по склонам конуса у вулкана не хватало сил...

Но вот тактика его переменялась.

Новая серия землетрясений, идущих с юго-востока, заставила предположить, что сдвинулись глыбы гор по трещине, отделяющей хребет Кумроч от восточного подножия Ключевской группы вулканов.

3 октября в записях сейсмографа проявился вулканический «акцент» землетрясений.

Сейсмологи уже могли подозревать возможность прорыва побочного кратера у подножия Ключевской. Но где и когда! — терялись в догадках. Начало событий на северо-западном склоне — «тали» вулкана, на высоте двух километров над уровнем моря и трех километров ниже вершины, было едва заметно...

6 октября утром не многие были свидетелями рождения нового вулкана, происшедшего без всякой суеты. Просто появилась белая струя пара, вскоре она превратилась в тучу, постепенно потемневшую от пепла.



Взрывы стали слышны позднее, когда было уже ясно, что действует несколько жерл, вероятно расположенных на новой трещине в склоне. Обычно извержения такого типа начинаются без шума; и редко кто, и то лишь случайно, оказывается непосредственным зрителем.

Стоит вспомнить мексиканца, владельца того самого кукурузного поля, на котором в 1946 г. родился вулкан Парикутин.

Когда среди зарослей кукурузы появился дым, встревоженный хозяин подумал, что кто-то поджег его урожай. Попытка потушить пожар была безуспешна. И только появление раскаленной лавы и взрывы обратили в бегство плантатора...

Фонтаны лавы нашего извержения стали видны из поселка Ключи лишь в ночь на 7 октября, когда на прорыве уже действовало 8—10 кратеров. Лавовый поток изливался из жерла, лежащего ниже по склону в конце трещины. Верхние кратеры выбрасывали пепел и бомбы. И вот по долине реки Киргурич потекла огненная река. Она много дней и ночей струилась вниз по направлению к поселку Ключи. За два месяца этого безуспешного стремления река достигла в длину всего 9 км.

И это не потому, что лавовый поток медлил в своем движении. Напротив, скорость лавы временами достигала около 1,5 км в сутки. Но ему не хватало «целеустремленности». Дело в том, что по мере удаления от жерла лава быстро остывала. Когда поток вырывался из жерла, температура лавы достигла  $1150^{\circ}$ , но на протяжении нескольких километров падала ниже  $1000^{\circ}$ , сохраняясь лишь в нижних слоях потока. Поверхность его вскоре покрывалась черными глыбами и шлаками, а скорость сходилась на нет; у фронтальной части потока его языки двигались со скоростью ста метров в сутки, и поток в поиске более крутых уклонов расползался по поверхности плоскогорья, завязал своими «рукавами» в скалах старых лавовых излияний. Языки лавы, наплывая друг на друга, образовали подобие спутанной косы, переплетенной из многочисленных «пряжей». За первую неделю извержения поток продвинулся на расстояние около 7 км, и если бы в каждую последующую неде-

лю он продвигался вперед с такой же скоростью, то в течение двух месяцев достиг бы селения Ключи.

Однако в первые две недели извержения потоки лавы удалялись от жерла на предельное расстояние — около 10 км и после этого растекались вширь и вкось, не удаляясь от жерла далее этого предела.

Общий объем лавы, выброшенный из глубин за эти два месяца, достиг не менее 80 млн. кубических метров. Таким путем где-то в глубинах Земли образовалось пустое пространство, приближающееся по объему к десятой части кубического километра. Но на какой глубине и какой формы существует вулканический очаг под Ключевским вулканом, по-прежнему оставалось предметом догадок и споров. Однако большинство исследователей полагает, что шлаковые конусы с лавовыми потоками, подобные прорыву 6 октября, связаны с неглубокими огненно-жидкими лавовыми резервуарами. При извержении крупного вулкана они отвечают от его жерла, образуя межпластовые внедрения в фундаменте вулкана на глубине нескольких километров. Этим отличаются шлаковые конусы от крупных страто-вулканов. Последние действуют периодически в течение нескольких тысяч лет, в то время как шлаковые конусы имеют короткий период извержения, редко длящийся более нескольких месяцев. Поэтому такое извержение называется одноактным.

Если страто-вулканы построены из переслаивающихся потоков лавы и туфов и достигают высоты нескольких километров, то шлаковые конусы по сравнению с ними имеют размеры муравьиных куч и редко превышают по высоте 200 метров.

Несмотря на свои характерные черты одноактности извержения, шлаковый конус проявил индивидуальность, поставившую в тупик вулканологов: к 10 ноября извержение стало затихать; хотя выбросы бомб и шлаков продолжались, лавовый поток из жерла почти иссяк. Сложилось мнение, что извержение заканчивается. Это согласовалось с обычаем шлаковых конусов, образующихся на высоких склонах Ключевской, заканчивать свою деятельность раньше, чем побочные прорывы, располагавшиеся на более низких участках склонов «материнского» вулкана.

И вот, когда на вулкане, как говорится, был поставлен крест, сейсмическая станция в Ключах начала регистрировать целые «рои» землетрясений вулканического типа. По роду записи землетрясения были сходны с обычными предвестниками взрывов вулкана Безымянного, расположенного южнее Ключевской. Когда сейсмические сигналы, таким образом, «запутали» вулканологов и они, снарядив собачьи нарты, выехали по направлению к Безымянному, на Ключевской сопке начался новый прилив сил у побочного извержения.

17 ноября наша группа вулканологов и альпинистов вылетела взглянуть на него с воздуха.

Камчатка — ее горы, вулканы и долины покрыты снегом, сверкающим глазурью на солнце, и лишь конус Ключевского посерел от пепла. На широком пьедестале вулкана повыше рыжего леса разбросаны многочисленные гладкие, как токарные игрушки, конусы побочных вулканов. Они напоминают чернильницы-непроливайки. В незапамятные времена построены эти маленькие вулканчики — «детки» Ключевской такими же выбросами шлаков, какие серыми прядями выются сейчас вдаль, над черным извилистым лавовым потоком. Лаза четко прорисована на снежном плоскогорье — ведь снег на ней тает. Самолет бросает как на качелях — то справа, то слева, на виражах под нами вспыхивают белые струи выбросов пара. А над кратером Ключевской сопки высоко в небе развевается косой флажок пеплового темного облака. Черное нагромождение шлаков — под жерлом новорожденных кратеров — заволакивает столбообразное облако пепловых выбросов, оно трепещет, поднимаясь вверх толчками газовых взрывов. По склону Ключевской восходят одна за другой, постепенно склоняясь к востоку силою ветра, причудливые шеренги пепловых выбросов. Но под сенью раскрывающихся сверху «парашютов» газовых «грибов» над кратером видно мелькание черных точек вулканических бомб, выбрасываемых неслышными для нас взрывами... Ночью над голубоватым склоном колыхались красными прогуберанцами огни извержения.

Лишь на третий день путешествия на машине, собаках и лыжах оказались мы у края лавового потока, раскинувшегося среди заснеженных оврагов. Отсюда

открывалась широкая панорама. На востоке, за серой плоской тундрой, стояла белая как мел гряда горного хребта Кумроч, а на севере мраморной глыбой громоздился вулкан Шивелуч. У его подножия расстиралось белое покрывало вулканических отложений, фестонами врезавшееся в рыжеватую щетину леса.

Когда мы подошли к склону потока, громоздящемуся черными глыбами лавы и образующими 3—4-метровый откос, стало слышно своеобразное звучание потока — вначале доносился говор ручья, струящегося по камням, еще ближе слышался какой-то шелест, потом стук и скрипение, и наконец появилось ощущение, что ты оказался рядом с огромной гремучей змеей, трущейся своєю чешуей о камни.

Но вот по склону покати́лась глыба, и под ней открылось желтое пятно раскаленной лавы. Еще и еще падают с шипением на снег угловатые камни метрового объема. Местами открываются целые полосы огненной лавы, и ее пласты отваливаются к подножию потока пунцовыми цветами... Весь склон временами приходит в движение, цокает и гремит, глыбы сползают на снег, осыпается раскаленный докрасна песок. Вот катится к моим ногам дымящейся гранатой черный кусок шлака. Я перебрасываю его с руки на руку, чтобы не обжечься, и еще теплым сую в карман. А рядом лежит снег, на него надвигается черный осыпающийся откос, как будто толкаемый невидимым грейдером. Мерзлые пласты снега сползают в сторону, плавятся по краям раскаленных глыб лавы и продолжают невозмутимо лежать, пока их не подомнет под себя медленно наползающая каменная лавина...

В облаках пара течет грязный ручей талой воды, ощущается острый сернистый запах. В двух-трех метрах от края потока стоять уже жарко, но мы взбираемся по остывшим глыбам на поверхность и располагаемся для отдыха на теплых шлаках. То там, то здесь из-под скал пышет горячее дыхание и глядят желтые глаза огня... Под нами слышен глухой шелест и скрип. И пока размаривает тепло, невидимое течение уносит нас на спине потока вместе с недвижными вокруг скалами. Со скоростью ста метров в сутки мы удаляемся в сторону Ключей.

Незаметно подступают сумерки, и черное, расшито красными тюльпанами одеяло из лавы, навеки покрывающее землю, преобразуется. Там, где черные глыбы съезжают по красным осыпям раскаленных шлаков, открываются желтые «окна», тускло освещающие снег.

Вдоль всего потока на снежные склоны оврага отбрасываются блики света, все ярче разгорающегося с наступлением ночи.

Появляется ощущение, что мы рядом с большой деревней, приветливо манящей огнями и теплом. И среди пустыни вулканического дола исчезает чувство заброшенности от человеческих жилищ.

Перепрыгивая через красные горячие «печки», стараясь ступать на остывшие глыбы, перебираемся через километровый по ширине поток. Вдоль его западного борта по твердому насту взбираемся на склоны древних, давно остывших потоков, образующих подножия Ключевской сопки.

Теперь перед нами сверкающая огненная гора. С наступлением ночи она преобразуется в праздничный фейерверк, осыпающий звездным каскадом склоны невидимого вулкана. Далекие взрывы доносятся глухим грохотом парового молота. На облачном небе временами проглядывает желтая Луна, и тогда черные скалы на нашем пути становятся четкими, а покрывающий их шапки снег сверкает голубоватыми блестками. По склону Ключевской сопки вползает темное облако, сдвигаемое ветром к востоку. Приближаемся к невидимому вулкану, изрыгающему каскады раскаленных бомб, взлетающих в красноватом зареве газового облака. Идем уже несколько часов, а непрерывно пылающий впереди красный факел как будто и не становится ближе.

Но взрывы грохочут все отчетливей, переходя в глухую канонаду. Наконец, миновав последнее ущелье, мы видим перед собой раскаленный, отливающий суриком гребень вулкана, а у его подножия — огненно-желтое полотно лавовой реки.

Взбираемся на черные скалы. Обрывистый уступ, освещенный тусклым огнем, преграждает путь. В нескольких метрах под ним шелестит и переливается желтыми струями расплавленный поток базальтов. И стре-

мится эта огненная река меж обрывистых берегов. Поверх пелены потока шевелятся громадные глыбы, будто плывущие плоты, увлекаемые общим течением. Временами на поверхности взбухают и с шумом лопаются пузыри. Разлетаются во все стороны обрывки лавы и, падая среди скал, быстро темнеют, остывая. Мы размещаемся с фотоаппаратом на обрыве, образующем стену узкого коридора над потоком. Тусклое освещение скал и призрачные блики света вырывают наши темные фигуры из мглы и не соответствуют яркому сиянию потока. Кажется, что он поглощает весь свет, и от этого особенно черными кажутся скалы. А рядом полыхают обелиски пламени над кратером. Взрывы следуют непрерывно, столб огня колыхается над ним. Его конус то и дело осыпается фонтанами и раскаленными бомбами. Кажется, что кто-то выбрасывает снизу пригоршню за пригоршней сотни золотых слитков. Не успевает рассыпаться один из каскадов, как вслед за ним взлетает другой и повисает в красном мареве, колыхушемся над жерлом. Это уже не летящие в небо, как казалось издали, огни, а глухо стучащие по конусу вулкана глыбы. Видно, как они скатываются к подножию склона, становясь тускло-красными.

Но вот, как по сигналу, под кратером все замерло, и через мгновение у подножия конуса, над лавовой рекой, вырвалась струя огненной лавы, рассыпалась снопом из лоскутов и брызг рядом с потемневшим конусом. Этот огненный всплеск достиг высоты нескольких десятков метров. Подгоняемая волнами газовых взрывов, пламенная лава у подножия шлакового конуса усилила течение, и тотчас же по всей поверхности ее последовала серия взрывов. Над желтыми струями взлетали золотистыми бабочками клочки лавы, падали у наших ног, как осколки гранат. Прошло 10—20 минут, и освещение переменилось — из верхнего кратера вновь вырвался огненный выброс, и силуэт вулкана выступил из тьмы внезапно вспыхнувшей рекламой.

Нижнее жерло сразу прекратило выплевывать лавовые сгустки. Над ровной поверхностью лавовой реки больше не вздувались пузыри, только что беспокоившие нас своими взрывами. Под напором лавы русло реки расширилось, на скалах появились трещины, боль-

шие глыбы откалывались, падая на поверхность струящейся лавы. Чуть погрузившись в лаву, они плыли как айсберги, постепенно раскаляясь и рассыпаясь на куски. На крутом уступе, вблизи жерла, образовался лавопад. Под ним сиял столь ослепительный свет, что не уступал тысячам электрических лампочек. На уступе лавопад то и депо появлялись большие лимонно-желтые острова. Они, помедлив несколько секунд, сползали вниз, разваливались и погружались в струи огненного расплава.

Грохот взрывов, всплески и шорохи сливались в сплошной многоголосый хор. Воспроизвести его, пожалуй, способен лишь магнитофон, побывавший на извержении...

За поворотом, позади нас, русло потока расширялось, превращаясь в «запруду», напоминающую затон, в который при лесосплаве загнало множество бревен, тихо колышущихся на воде.

А мимо по быстрине струился лавовый поток, уже покрывавшийся темной окалиной остывающих, но еще малиновых шлаков. В озере раскаленная лава медленно колышется на одном месте, издавая глухое урчание и тяжело вздыхая. Шлаковые глыбы сползают по поверхности, приподнимаются при вздохе, обнажая раскаленную добела лаву. На ней вздувается оранжевый пузырь, а в следующую минуту лопается и рассыпается яркими осколками. Озеро мерцает в непрерывном движении, и смотреть на него столь же заманчиво, как на угли затухающего костра.

Мысли уносятся вдаль, овладевает дремота... Какое почти не реальное зрелище перед нами и каким обыденным оно становится, когда взор почти бессознательно скользит по раскаленным шлакам, словно высыпанным из гигантской домны, откуда плывет нескончаемая река расплавленного металла.

Но в следующую минуту в сознании вспыхивает мысль — ведь эта гигантская лавина из таинственных и недостижимых глубин. Земля шлет нам свои послания, начертанные непонятными иероглифами на огненной пелене, струящейся из неведомого вулканического очага; глубина его залегания остается многие годы предметом споров между учеными.

А еще непонятнее происхождение тепловой энергии, отапливающей глубинную «домну». Извечное тепло Земли уже используется для получения электроэнергии на геотермальных электростанциях, но по-прежнему остается не ясно, из каких глубин приходит оно к нам и каково же топливо, горящее в недрах!

Как мало нам известно о вулканах, хотя они играют столь важное значение в жизни природы. Ведь в эпохи, когда на Земле еще не было живых существ, вулканические извержения грандиозного масштаба окутывали Землю сплошными облаками газов.

Атмосфера, вода океанов, углерод растений созданы в значительной мере за счет продуктов газообразных выбросов из недр Земли. А ведь в воде возникла живая клетка: из воды когда-то выползли на сушу далекие предки человека!

Значит, вулканы сопричастны к созданию живой природы. И то, что рисуется нам в качестве катастрофы извержения, фактически является творческим актом природы!

Из тумана садится мелкая водяная пыль, покрывающая одежду и кожу. Пепел на наших лицах расплывается темными полосками; першит в горле, зудит кожа. Вскоре, когда наша одежда начнет расплываться клочьями, мы вспомним, что с неба нас поливало раствором различных кислот: серной, соляной, плавиковой, в газообразном состоянии выдыхаемых вулканом.

Время потеряло для нас свое значение — мы не в силах отвести глаз от игры света и теней этого фантастического зрелища.

Незаметно подступает утро. Огненное зарево тускнеет на бледнеющем небе, теряющем густые опаловые тона. Бомбовые залпы над жерлом утрачивают желтизну звезд и превращаются в беспорядочно снующую стаю черных птиц...

Ночь у огненной реки кончается.

Вдали, на востоке над Тихим океаном загорается заря, и на белые гребни Кумрочского хребта и склоны Ключевской сопки ложатся ее розовые отсветы.

Рождается новый день, полный забот и труда. Но навсегда врезаются в память впечатления этой огненной ночи.



Что же представляет собою жерло, у края которого проводили мы бессонные ночи! Почему волна за волной изливается из него расплавленная магма! Что это за «насос», выкачавший в течение двух месяцев из глубин таинственного очага Ключевского вулкана восемьдесят миллионов кубометров огненно-жидкой лавы! А что если у устья этой пылающей реки соорудить резервуар и наполнить его жидкой лавой! Получилась бы мощная грелка! А ведь нечто подобное недавно произошло.

В ноябре 1959 г. громадные потоки лавы залили склоны Килауэа на Гавайских островах в Тихом океане. Расплавленная лава пылающими лавопадами низвергалась на дно кратеров Икки, расположенного на высоте 1050 м и вскоре превратившегося в лавовое озеро глубиной около 110 м. Температура лавы достигала 1200°. Поверхность лавового озера вскоре покрылась коркой, которая время от времени разламывалась под давлением тепловых течений. Через семь месяцев, в июне 1960 г. толщина корки достигла 6 м, хорошо защищая лаву от дальнейшего охлаждения и позволяя установить на озере буровой станок.

Калифорнийский университет решил организовать здесь полигон для изучения возможности использования тепла, аккумулированного в лаве. Ведь здесь при температуре более 1000° (когда скважина на глубине 6,2 м вошла в жидкую лаву — ее температура оказалась 1064°) сосредоточено 30 млн. кубических метров лавы, тепло которой эквивалентно двум миллиардам киловатт-часов электроэнергии.

Этот лавовый резервуар тепла будет остывать в течение 75 лет. На базе этого тепла можно было бы построить электростанцию мощностью около одного миллиона киловатт. Но как превратить скрытое в озере тепло в перегретый пар! Для этого принципиальным решением является разработка возможностей закачивания в лавовое озеро воды под давлением и отбора перегретого пара к турбинам электростанции.

Предложено несколько схем такого генератора энергии. По одному из проектов предполагается опустить жароупорные трубы до дна лавового озера и накачивать туда воду, отбирая пар, который должен подни-

маться у берегов озера, системой улавливающих скважин. Возможно также, что пар будет накапливаться под лавовой коркой по мере ее отслаивания от расплавленной лавы и отбор пара смогут производить неглубокие буровые скважины, пропущенные сквозь застывшую корку. Такое исследование позволяет задуматься над будущим проектом бурения сверхглубоких скважин в магматических очагах вулканов, предполагаемых на глубине до 10 км.

Бурение таких скважин намечается под основание Авачинского вулкана недалеко от города Петропавловска-Камчатского. Предполагается, что периферический вулканический очаг здесь лежит на глубине 3—5 км и может дать непрерывно возобновляемую энергию. Наиболее экономичной была бы здесь постройка электростанции для города.



Земля медленно поворачивалась, подставляя округлые бока ласковому языку солнечных лучей. Вот скользнул рассвет по мрачным скалам Командорских островов, засверкал на волнах Камчатского залива и достиг берегов полуострова. Солнечный луч уже коснулся края черного покрова ночи, торопливо уходящей на запад, как вдруг она замедлила шаги, остановилась... и, движимая неведомой силой, повлеклась вспять.

Но возвращавшийся на восток этот покров ночи двигался в виде громадной тучи, напоминавшей своим гудением и шелестом пчелиный рой космических размеров. Грозно надвинулась эта туча на Усть-Камчатск, скрыв его мглой, пронизанной искрами молний. Воцарилась ночь. Охваченные тревогой, люди высыпали на улицы. Ведь они торопились на работу! А тут!!

...Сейчас мы перенесемся на лесистые берега реки Камчатки и разобьем лагерь между самыми северными вулканами полуострова — Илючевским и Шивелучем. Отсюда мы станем свидетелями типичного извержения, которое позволит понять, как транспортируется тепловая энергия глубин Земли, давая жизнь вулканам.

Это было торжественно и... грозно. На спокойном зимнем ночном небе, сияющем яркими звездами, росла темная тень. Она поднималась ввысь медленно и неотвратимо. Сквозь редкие стволы берез я видел, как эта тень врезалась мрачным силуэтом в темную голубизну неба.

Но вот с западной стороны в основание черного столба вонзился узкий огненный клин, подобный раскаленному обелиску, то тускнеющему под ползающими клубами пепла, то вспыхивающему, как пламя далекого нефтяного пожара. Эта раскаленная

колонна пепла и газа, выдуваемая вверх на 7—9 км силой магматического давления, как из гигантской форсунки, отбрасывала тусклые отблески с восточной стороны на основание черной пепловой тучи. Это была серия чрезвычайно быстро следовавших друг за другом взрывов, сливавшихся в кроваво-красный клин, медленно, толчками выраставший и через несколько минут достигший высоты двух третей пепловой тучи. Эта торжественно-грозная церемония вздымания в небо огненного меча длилась не более 10 минут. Раскаленная пепловая эксплозия достигла апогея в 7 часов 10 минут, и ее клинок, чуть наклоненный к западу и прижатый к краю тучи, подобно солнечному протуберанцу, начал тускнеть, расплываться и угасать. Спустя 10 минут, на небе клубилась только темная пепловая туча, пронизанная молниями и таинственно шуршащая. Наступила заключительная часть извержения, приближался рассвет. Туча уже вздымалась над нами на высоту более десяти километров. Но опять сквозь темно-серую мглу пронесся огненный зигзаг и отдаленно прошелестел, разрывая непроницаемую ткань мрачного капюшона, брошенного на «плечи» Шивелуча.

Отдаленный гул замер вдали. Но вот весь темный купол вновь осветился стрелами молний и стал подобен гигантскому бенгальскому огню. И опять вся туча мгновенно потускнела. Она тихо потрескивала и злое ще ворчала, живя какой-то своею внутренней жизнью.

Охватывало сознание беспомощности перед этим грозным темным столбом, вздымающимся в небо, словно угрожающий перст судьбы. Растущая темная колонна вселяла ощущение живой силы, поднявшейся с роковой неизбежностью над нашими головами. Не так ли уносятся во мрак вселенной облака космической пыли, возвещающей зарождение новых миров! Насыщенная электричеством, трепещущая блеском молний, росла, нависая отвесной стеной, эта клубящаяся масса газа и пепла.

По мере рассвета туча приобретала облик тяжелой темной глыбы, готовой обрушиться на нас. Светало, шел восьмой час, стали видны клубящиеся вихри. Они отрывались от серой стены «баррикады» и закрывали Шивелуч.

В этой стене то и дело возникали огромные бреши, из них вырывались новые грозди клубящегося пеплового облака, сползали темными буграми, напоминающими серые массы ноздреватого камня. Но вот бугристый хребет, временами еще освещаемый тусклыми блесками молний, стал расплзаться и медленными волнами стекать к подножию светлеющей тучи, покрываться розовыми бликами встающего солнца. Туча теряла свой драматический облик атомного гриба, ее стало сносить на восток, и мы поняли, что пеплопад нас минует; гигантская колонна раздробленного в глубинах Земли камня останется навсегда лишь грозным видением, нависшим над нами, как в страшном сне, исчезнувшем с рассветом.

Таяли темные облачные громады, их светло-серые космы сносило на восток и как-то неуловимо быстро преображало в обычные облака серого зимнего утра. Исчезало обаяние грозной силы, угасал неизъяснимый подсознательный страх, уносимый вместе с уходящей и расплывающейся стеной облаков, уже серебрившихся по краям, обыденных как наступивший день.

У подножия невидимого вулкана вздымались клубящиеся вспышки, подобно паровозным дымкам, бегущим за трубой. Вспышки быстро перемещались вниз по склону, обозначая путь проносящихся лавин. Но вот и эти чуть заметные сигналы последних взрывов замерли, и уже ничто не наводило на мысль о только что отгремевшем Шивелуче. Все длилось чуть более часа.



Охотники за соболями медленно двигались к Шивелучу, поднимаясь вверх по реке Камешковой. Ночь была близка, и до палатки их товарища, в двух километрах, ехать было уже темно. Собаки устали: снега мало, камни скребут полозья нарт. Трудная езда! В 6—7 км от Харчинского озера остановились на ночлег.

Звездная ночь холодным пологом охватила тихий лес. Распрягли собак, поставили палатку, раскопали ручей, и вот уже кипит чай над костром, и густо заваренный чай обжигает глотки. Тихо шумит ельник над головами крепко уснувших охотников. Но вот почувствовались толчки, будто толкает кто-то в бока усталых парней. Под спальным мешком, брошенным на ветки лиственницы, колыхалась земля. ...Да мало ли землетрясений на Камчатке! Повернулись на другой бок, продолжая сон. Но серия новых затяжных ударов и далекий гул подняли охотников на ноги. Зажгли спички. Над головой из стороны в сторону мотались рукавицы, подвязанные на ремешке к пологу. И вдруг — глухой взрыв, еще и еще... Все торопливо выбрались из кукулей (спальный мешок) и спрометью выскочили из палатки.

Было семь утра. Тревожно шумел лес. Ночь еще не брезжила рассветом.

Гремели взрывы. Последний грохотал с минуту, словно проезжающий рядом трактор. Однако к землетрясениям и извержениям вулканов охотники относились спокойно — привыкли. Вот сажу (так называют у нас пепел) боялись. Ведь она мешала езде, терла полозья.

— Сажа нам страшна, — сказал охотник Волченко, — а так, мало ли когда трясет на Камчатке, на то и стра- на вулканов!

Однако, когда взрывы один за другим стали все более гулко потрясать воздух, поняли: извергается Шивелуч.

Темное звездное небо тревожно гудело. Парнишка вталкивал в алыки собак, отец бросил на нарту кукули, палатку, быстро накинул чехол, и нарти покатались вниз по речке. Собак не надо было понукать.

На севере, за спиной грохотал и гудел Шивелуч. Взрывы раздавались один за другим, сверкали молнии, огненное зарево ярким столбом взметнулось в небо, светляками полетели, исчезая во мгле темного неба, красные тусклые огни...

Все выше поднимался над лесом столб пепловой тучи. Из-под основания ее пучками вылетали молнии, озаряя пепел яркими вспышками и столбами огня. Туча колыхалась и гремела, вся пронизанная полыханиями света и молний. Грозным шорохом доносился гул электрических разрядов.

Но смотреть было некогда. Теперь, когда позади неотвратимо нависла грозная опасность, страх гнал собак и людей, будто толкая в спины. Нарты бросало на камнях, чуть прикрытых снегом, люди старались не отстать. Но вот на пути — высокий склон холма, поросший лиственницей. Снег из-под ног обваливается вместе с глыбами пемзы и песком. Собаки рвут алыки, корабкаясь вверх. Все выше и выше, наконец все на вершине. Что будет дальше! Но едва успели вздохнуть, как во всю ширину долины у самых ног фронтом в несколько сот метров с грохотом и клокотанием пронеслась мимо грязевая лавина, обдавая горячим дыханием серы. Сквозь дымку рассвета было видно, как промчалась эта серая кашеобразная масса, пожирая на своем пути снег и сметая камни. Она катилась с грохотом со скоростью трактора на полном ходу. Казалось, пришла в стремительное движение широкая лента всей долины, и лишь стена леса по сторонам не шевелилась. В лавине с треском ломались стволы деревьев, вздымающих ветви из быстро катившегося потока. Его скорость была около 30 км в час.

Но наступил рассвет, ведь все эти события заняли несколько десятков минут. И охотники увидели, что невдалеке от них край потока остановился — пышущая

жаром коричнево-желтая стена грязи, из которой торчали камни и древесные стволы, образовала по краю невысокий, всего с полметра уступ. Из-под него текли ручьи грязной воды, несущей песок. Подойти ближе нескольких метров было опасно: опаляло лицо, хотя вокруг стояла морозная зима. Выше от края поток поднимался откосом каменных глыб. Покрытые пеплом стволы лиственниц с корнями устремлялись вверх, уродливо громоздились и поднимались большими глыбами... Охотники вернулись вдоль края потока к месту своего старого лагеря. Его не захватило потоком. Он остановился в нескольких десятках метров. Поехали вдоль края потока в поисках товарища. Бесъ день его искали. Лишь спустя два дня вернулся пропавший охотник в село Ключи. Оказалось, что ушел он за ночь перед взрывом на запад, за гребни отрогов вулкана. Туда не достало извержение, устремившее свою мощь на юг, в сторону реки, куда открывается широким амфитеатром огромная кальдера Шивелуча.

Перед роковой ночью была хорошая охота. Олени, уже инстинктом предчувствуя беду, метались по лесу, еще не чуя, откуда она придет.





чимся на машине к аэродрому. Уже 11 часов 30 минут. Мы сейчас уходим в полет к Шивелучу. После утренних предраассветных волнений, когда висела над нами зловещая туча, как бы обдумывая, лечь ли на Ключи черной мглой или обойти стороной, уже прошло несколько часов. А главное, вместе с унесшейся на восток пепловой тучей сошла гнетущая тревога, угас страх... Только небо над вулканом клубилось, сливаясь на востоке с серой непроницаемой мглой зимней непогоды. Такая будничная предснеговая погода вносила успокоение, и лишь тревожные звонки из Усть-Камчатска позволяли представить себе судьбу Ключей, когда бы ветер был иным...

Вот мы в воздухе. Проходим над серыми кубиками домов поселка и лентами долины с черными полосами речных протоков, где почти никогда не замерзает Камчатка, над ключами, быющими со дна и из-под берегов. Слева осталась покрытая буровато-черным пухом леса возвышенность Заречного вулкана. Позади сверкает на солнце чистая пирамида Ключевской. Мы скользим над белыми, как молоко, пятнами замерзших озер, красновато-отсвечивающих поредевшим зимним лесом. Приближаемся к подножию Шивелуча. Несколько минут, и мы достигаем кромки серовато-желтого покрова, языками врезающегося извилистой каймой в лесную зону. Красный пух лиственниц и зеленые выпушки кедровника — таков фон леса, сквозь который просвечивает снежная пелена озер и болот. Все заволокло низким пологом облаков, из-под которого спустились от вулканического подножия желтые языки потоков. Вершина Шивелуча уже близка. Перед нею все клубится облачными волнами, взлетаю-

щими к черным уступам и пирамиде главной вершины. Летим вдоль безлесного и снежно-белого западного склона кальдеры. Вдруг пересекает его змеящаяся черная лента. Извиваясь меж леса у подножия, она уходит на запад.

Это грязевой поток, спустившийся со склона купола, прижатого здесь к стенке кальдеры. Видны черные скалистые гряды куполов. Где-то здесь были воздвигнуты пятнадцать лет назад и еще недавно дымящиеся фумаролами купола молодой вершины. Далеко внизу, на юге, четким контуром обрисовано поле желтых лавин, скрывавших подножия вулкана. Мы поднимаемся ввысь, и вот рядом, будто высеченные мощным резцом природы, гребни главной вершины. Ледник, спускающийся по узкой щели в скалах, здесь ослепительно чист — на него не падал пепел. Но на западе все задержано пеленою туч. К северу от вулкана расстилается тундра. Пологими гребнями спускается в нее горный массив, широко раскинувшийся к северо-востоку, у края хребта Кумроч. Переваливаем на южную половину Шивелуча и повисаем на высоте 4 км над обрывом, срезанным на заре нашей эры грандиозной вулканической катастрофой. Внизу клубится серым туманом «очаг» вчерашнего взрыва, а на юге, подернутый дымками, расстилается покров лавин.

Снижаясь, самолет пролетает над землей. Она уже не кажется однообразной пленкой гуаши, наброшенной на лес. Видны разбросанные по неровной поверхности огромные языки песка с угловатыми глыбами лавы. Это обломки далеко отброшенной взрывом старой постройки вулканических куполов, рассеянной по радиусу 8—10 км у подножия вулкана. Теперь под нами лежит огромная желтая шкура, распластанная на зеленом поле. Вся она изборозжена полосами и своими лапами въезжает в лес, розовеющий в лучах солнца. Мы скользим вдоль границы леса и на снижении видим, подобную проволочным заграждениям, спутанную оторочку из поверженных нагроможденных стволов. Вот маленьким оазисом в несколько десятков метров осталась зажатая между безжалостными желтыми языками группа деревьев. По краям — полузасыпанные покровом пепла наклоненные к земле кроны, а рядом — торчащий

вверх пучок корневищ. Между двух языков песка и каменных глыб зажаты полосой хвороста остатки леса, простертого и вздыбленного вкривь и вкось. Эти полосы, подобно войлоку из хаоса корней, ветвей и стволов, то выступают над желтой пеленой, то скрываются под ней. Вдоль края леса деревья изломаны и покрыты песком, а чуть поодаль уже стоят нетронутые зеленые лиственницы, не ведающие о пронесшейся рядом лавине. Но вот длинный язык желтого песка врезался в лесной массив, раскидал направо и налево древесные стволы. Рядом, над склонами долинки, не совсем засыпанной лавиной, стоят у самой кромки ее чуть наклоненные деревья, как бы отшатнувшиеся от жаркого дыхания лавины. Местами эти лесные опушки посыпаны песком, и тут же груды его вздыбились под самые кроны.

Оставляем позади лес, снижаемся вновь над сплошным покровом подножия Шивелуча. Мы видим — струи пара вырываются вверх и, клубясь, образуют причудливые хороводы над желтой пеленой песков. Подходим ближе к склонам и летим вдоль западной гряды, обрамляющей амфитеатр кальдеры. Ее обрывистый уступ навис над облачным шатром, он причудливо вздымается навстречу нам вихрями и скрывает зубцы скал. Котловина кратера временами проступает сквозь ядовитые пары и струи фумарол. К нам в кабину самолета проникают эти едкие испарения, в горле першит от их сернистого дыхания.

Мы пролетаем над ступенями черной гигантской лестницы, обрывающейся к югу с вершины древнего Шивелуча. Уступы лавовых обрывов чернеют меж присыпанными снегом ступенями и уходят вверх на три с лишним километра, чтобы оборваться на головокружительной высоте скалистым пиком. С него соскользнули на север вечные ледники. Вершина вся обята клубами газов и паров. С клокотанием они вырываются снизу, отрываются от бурлящей пелены газов, рвущихся из недр сквозь трещины и вновь открывшиеся жерла. Позади нас отливает золотистой желтый панцирь, покрывший грудь вулкана, серебрятся в солнечных лучах дымки газовых струй. Северные склоны Шивелуча и лесная равнина у подножия застыли в зим-

нем покое и чужды смятения облаков газового извержения, завершившего катастрофу ночи.

Река Байдарная близ вулкана лежит в глубоком ущелье, врезанном в «пол» кальдеры. Он устлан полом старинных покровов агломератовых потоков древних извержений, подобных вчерашнему, но отделенных от него перерывами всего в 100—150 лет. Вся долина на три четверти засыпана свежими лавинами — виднеется лишь чуть углубленный лоток. Местами и он сравнялся до краев с общей равниной. Чуть намечены оторочками сметенного леса овраги, полузанесенные у краев кальдеры лавинами. Когда-то овраги рассекали по радиусам подножия Шивелуча. Сквозь желтый покров местами просвечивает перистость боковых ложбин. А на юго-востоке белый гребень древнего обрыва кальдеры оканчивается безлесным лавовым куполом Семкорок. Эта лавовая скала в прежние времена вторглась тестообразной раскаленной массой в трещину, чтобы образовать южную башню кальдерной стены.

Сползает, изгибаясь по склону, ледник, проложив по ущелью белую дорогу в гребнях скал. Его чуть выпуклое, подобное громадной гусенице, тело исчерчено полосками трещин и грядами каменных осыпей. Северная сторона Шивелуча хотя и прорезана ущельями, но еще сохранила черты крупного вулканического конуса, склоны которого спускаются от зубчатой вершины. Так и сохранилась почти не тронутой катастрофой северная часть конуса, на юге срезанная головокружительным обрывом.

Самолет разворачивается над тупым языком ледника и проходит вдоль отрогов кальдеры вулкана. Перед нами вздымается белый купол Карана. У его основания в ущелье сбегает узкой черной лентой грязевой поток, внося резкий штрих в белизну склонов, не затронутых извержением. Изгибается вслед за поворотами ущелья этот черный шнур. Уходит в лес, пересекает просеки, немного расползается среди долины и внезапно останавливается, словно убитая змея, не успевшая выползти из своей норы. Хвост теряется у высокого обрыва, где над склоном кальдеры вздымаются скалы лавовых куполов, обьятые клубами пара. Отсюда потекли, смеши-

ваясь с пеплом, потоки, образованные из тающих снегов, разогретых подземным жаром. Мы идем на большой высоте над клубами газовых облаков. Из них выплывает скалистый край вершины, а вдали от Шивелуча, на востоке, за широким простором низины поднимается хребет Кумроч. Через серебро склонов за снежного хребта пролегает серая пепловая дорога — здесь сбросила часть своего груза черная туча. Подобно цементной пыли, пепел запорошил далеко на восток, вплоть до Алеутских островов, горы, равнины и океан. А едва отступишь от дороги ветра, унесшего тучу, лежит нетронутый белый снежный покров.

Под нами широко распростерся амфитеатр кальдеры Шивелуча. Он охвачен по флангам белыми гребнями, их скалистые уступы с двух сторон обняли желтую шкуру покровов, распростертую у подножия вулкана. С юга буроватой пеленой подступили леса. В этом треугольнике, северная вершина которого упирается в громоздящийся лавовыми уступами обрыв главного конуса, разыгралась ночная баталия... У подножия вулкана взметнулась белая сутана облаков, клубящихся над бездной земных недр. Но сама бездна скрыта от нас облачным экраном. Мы силимся заглянуть на дно ее в разрывы облаков среди взлетающих газовых столбов.

Все снова и снова самолет кружит в этом белом водовороте. Но сколько пилот ни пытался обмануть встающие перед нами облачные заслоны, легкую машину бросает, и в открывающиеся бреши мы не в состоянии увидеть больше, чем доступно. Под нами, перед высокой стеной древней вершины, в рамке обрывов лежит плоское дно глубокой котловины. В ней все охвачено кружением светлых дымков, вырывающихся из трещин и небольших отверстий. Мы следим за полукруглой кромкой этого кратера, описываем новый вираж, и перед нами проплывает зубчатая высокая стена, ограждающая с северо-запада подступы к кальдере. Успеваем бросить взгляд к ее подножию и увидеть острые, как ножи плуга, гребни базальтовых жил в отвесной стене кальдеры. Смутно узнаем знакомую картину — вернее, рамку ее, ибо картины, которую мы ожидаем увидеть, уже нет. Нет Суелича, нет Арбузинка, нет главного купола с фумаролами. Исчезли, как будто срезанные кочаны

капусты, нагромождения лавовых куполов, по крутым склонам которых мы еще несколько месяцев назад карабкались к шипящим струям фумарол. На их месте осталась огромная пологая впадина образовавшегося кратера, обьятого рвущимся из недр газом. В местах, где белые столбы фумарол подобны изгибающимся толстым стволам берез, мы подозреваем уходящие вниз жерла. Из них газовый вихрь взрывов выносил пепловые тучи и раскаленные лавины.

Желтое ущелье, задрнутое белыми парами, скрывается в них у подножия главной вершины. Отвесная стена обворвана взрывом. Полукруглая ниша в ней, уступ старого обрыва — вся эта гряда скал, спускаясь на юг, сходит на нет ко дну кальдеры, обрамляет с востока серию террасовидных уступов. Верхний из них — это впадина вновь образованного полукилометрового блюдцеобразного кратера. К югу от кратера уступы террас опускаются на дно кальдеры. Оно покрыто обломками взорванных куполов и изверженного из глубин нового раскаленного материала.

Но и на дне кальдеры, над которым низко скользит наш самолет, неузнаваемая картина. Там, где от ледников вели глубокие долины, окаймленные обрывами пемзовых песков и лесом, теперь расстился сплошной желтый покров, выровнявший площадь около ста квадратных километров. От верхней площадки, подобной гигантской курильнице, террасы спускаются на юг и также обьяты паром. Весь огромный ступенчатый ковер от площадки взрыва до дна кальдеры клубится газами испарениями и вспышками белых дымков.

Ближе к лесу, восточнее откоса, засыпанного до краев ущелья реки Камешковой, где еще вчера стоял рубленый домик вулканологов, дымится группа фумарол. Теперь здесь нет и следа леса и мирного становища.

Эти всплески паров над желтизной лавины подобны далеким кострам. Но мы знаем, что все безжизненно на горячих покровах, усыпанных глыбами лав и пепловых потоков, лишь несколько часов назад остановившихся навеки после стремительного бега. Здесь все сожжено, опалено, обуглено огненным облаком взрыва. Вот мы вновь над гребнем заснеженного отрога, отделяющего кальдеру от леса. Но что это за рябь

между деревьями, на белых полянках и вдоль лесных опушек!

Самолет скользит низко над лесом, и уже отчетливо видны загадочные следы. В самом деле, это следы сотен ног. Да ведь это же тропинки, проложенные оленями, баранами, медведями, уходящими от склонов Шивелуча в эту роковую ночь! Нас охватывает радостное волнение: значит, под смертоносными покрывами не погребены обитавшие здесь в изобилии четвероногие, приходящие в зимние месяцы пастись на склоны Шивелуча и греться у его теплых, как печка, фумарол. Перед нами встает картина ночного леса, оглашаемого трепетом подземных ударов, и полные неосознанных предчувствий олени и бараны табуны, неслышно, как видения, скользящие меж деревьев. На запад, в предгорья Срединного Камчатского хребта, ведут тропы, на которых смешались следы оленьих и бараньих копыт с широкими вмятинами медвежьих лап. Так вот о какой удачной охоте рассказывали нам охотники на соболя!

Наступил следующий день, второй день после извержения — 13 ноября. День какой-то счастливый, вопреки примете 13 числа, солнечный, снежный, сверкающий. Сегодня летим опять к Шивелучу, но уже не на легкомысленном, как стрекоза, ПО-2, а на тяжеловесном, неуклюжем, как майский жук, вертолете.

Мы хотим быть ближе к земле, и, если удастся, то непрочь спуститься из облаков на эту дымящуюся желтую пелену.

С вертолета есть время заняться подробностями. Медленно скользим вдоль границы леса и уже седеющей, не такой ярко-бурой, как вчера, поверхностью лавин. Видны контуры древних агломератовых покровов, когда-то проложивших свои языки еще дальше, чем нынешние. По контурам наплывов растет редкий лес. Но по долинам рек Байдарной и Камешковой в пояс лесов врезались лавовые потоки, оставившие позади бугры старых, поросших лесом покровов древних извержений. Серые полосы потоков, когда мы снижаемся к их поверхности, теряют свое однообразие — видим погруженные в песок глыбы лавы и путаницу сметенных стволов, образующих оторочку вдоль краев.

Парим над покровом в районе Камешковой, где еще

вчера на красной полянке стоял наш домик. Пилоты высматривают среди угловатых глыб какое-нибудь ровное место для посадки. Отсюда, с высоты нескольких десятков метров, уже видна волнистая поверхность, вся покрытая рытвинами, буграми, а главное, острыми глыбами размером не менее десятка метров в поперечнике. Вертолет спускается все ниже и ниже к песчаному покрову. Но вдруг нам навстречу взметнулось облако желтой пыли, мгновенно окутавшей весь вертолет непроницаемой мглой. Взмываем вверх и, оставляя позади этот туман, подобный самому в пустыне, уходим над лесом к селу Камаки. Раз уж не удалось сесть на рыхлый покров, то сесть в лесу нечего и думать. Только потом, много дней спустя, когда отряды вулканологов достигли на собаках этих желтых равнин и обнаружили, что их температура после взрыва достигала нескольких сот градусов, мне подумалось: хороши бы мы были, если бы сели на своем пробензинном вертолете на эту шипящую сковородку.

Мы летим над буграми холмов, отделяющих Камаки от желто-серого покрова лавин. Холмы послужили преградой, защитившей село от катастрофы. Над Камаками проходим к реке Камчатке и видим, что снега здесь белы, пепловая туча, очевидно, прошла стороной.

Возвращаясь в Ключи, взволнованно обсуждаем план штурма вулкана на следующий день. Спустится ли по веревочной лестнице из висящего над землей вертолета или идти на вездеходе-амфибии через реку Камчатку, чтобы достичь Шивелуча по тайге? Завтра мы будем держать в руках теплые куски лавы, еще вчера таившейся в очаге извержения на неведомых глубинах. Солнечное утро 14 ноября располагает к осуществлению наших планов и надежд. Машины подготовлены к форсированию Камчатки. Но с вечера прилетела большая группа вулканологов института вулканологии из Петропавловска. «Зачем лезть в воду, если можно лететь по воздуху? — сказали они. — Завтра прилетит наш вертолет для высадки научного десанта на Шивелуч». Но мои планы отменяются. Обещанного вертолета нет. Налетает пурга, и поход на Шивелуч откладывается на две недели. И опять выручают собаки — именно на нартах отряды вулканологов достигают Шивелуча.





Тут мы обратим внимание на другую сторону «работы» Шивелуча. Плодородность почв, образованных на лавах и вулканических пеплах, издавна известна. Этим объясняется высокая плотность населения вблизи многих действующих вулканов.

Окрестности Этны, Везувия покрыты виноградниками и фруктовыми садами, склоны вулканов Центральной Америки усеяны плантациями кофе. Вулканические районы тропических стран — острова Индонезии, Канарские, Азовские, Фернандо-По, южные острова Японии и многие другие районы, богатые действующими вулканами, превращены в культурные земли, приносящие богатейшие урожаи. Ведь вулканы выносят из недр Земли углекислый газ, фосфор, железо, калий и другие ценные вещества, без которых почвы не могут приносить урожаи. Вулканы действуют не так часто, чтобы не дать возможности воспользоваться выносимыми при извержениях минеральными солями, нужными растениям.

При вулканических взрывах пепел выбрасывается на высоту нескольких километров, а затем разносится ветром на огромные расстояния. Так вулканы обогащают почвы на десятки тысяч километров в окружности. А пепла даже один вулкан способен выбросить много.

При извержении Шивелуча 12 ноября 1964 г. была выброшена туча пепла, разнесенная ветром к юго-востоку по площади длиной в несколько сот и шириной в несколько десятков километров. Жители поселка Ключи помнят, какие большие урожаи картофеля и капусты были собраны после извержения вулкана Безымянного в 1956 г. Это извержение, давшее в марте 1956 г. большой выброс пепла, способствовало раннему таянию

снегов в районе с. Ключи, вследствие чего весенний сев был проведен раньше, чем обычно, что тоже благоприятствовало хорошему урожаю.

Нам стало известно, как некоторые не в меру осторожные хозяева пытались было сгрести пепел со своих огородов, опасаясь, как бы он не повредил урожаю. Но урожай превзошел все ожидания — клубни картофеля в Ключевском совхозе достигали 150—200 г.

На этот раз жителям поселка Ключи не повезло: коварный ветер унес пепел на юго-восток, и извержение подарило все удобрения Усть-Камчатску и его окрестностям.

Большая ответственность лежит на работниках сельского хозяйства по проведению разъяснительной работы среди населения о пользе пепла, выпадающего на поля в окрестностях вулканов.

По своему составу пепел является мелкораздробленной лавой, причем вследствие мощного взрыва порода раздроблена настолько мелко, что, например, фракции размером менее 0,5 мм составляют более 90% пепла, перенесенного в район Усть-Камчатска. Вследствие такой пылеватости пепла адсорбционная способность его очень велика, т. е. пепел способен поглощать и переносить много веществ, ценных как удобрения, которые в дальнейшем переходят в водные растворы.

Следует упомянуть, кроме приведенных ранее, также «малые элементы» — стронций, ванадий и другие. Что касается обывательского представления о якобы «ядовитых» свойствах пеплов, то они не имеют никаких оснований.

Содержание в пепле анионов серной кислоты  $[SO_4]$  при извержении Шивелуча составило 200 мг на 100 г пепла, а хлора — 20,2 мг на 100 г пепла. Рн было равно 5. Эти данные свидетельствуют о том, что вода после промывания этих пеплов не содержит никаких вредных веществ и может быть употреблена для питья.

В заключение скажу, что общий анализ пеплов Шивелуча, еще раз свидетельствует о том, что как сами пеплы, так и вещества, ими переносимые, не содержат ничего вредного для полей, а лишь способствуют поднятию урожайности и улучшению обедненных почв этих полей.

Стоит ли говорить о том, что вулканы играют огромную роль не только в создании плодородия почв, но благодаря им пополняется запас подземных и надземных вод и формируется их минерализация, обусловившая геохимические процессы. Вулканы выбрасывают углекислый газ, обеспечивающий произрастание лесов и трав на земной поверхности. А вулканические извержения приносят богатое удобрение полям и лесам.

Перед нами прошла феерическая картина извержения Шивелуча — вулкана, в глубине жерла заложившего мощный «заряд» газов, вызвавших взрыв, по силе сравнимый с взрывом нескольких атомных бомб. Взрыв раздробил огромные массы горных пород в пепел, излил лавины, превратившие в желтую пустыню подножие вулкана.

Можно нарисовать другую судьбу газового «котла», образовавшегося под вулканическими куполами Шивелуча.

Вполне реалистичны планы «обезоруживания» вулканов для уменьшения катастрофической силы их извержений. Об этом мечтали уже с давних пор. Но в 1909 г. был разработан первый проект снижения давления пара под застывшей лавовой пробкой в жерле вулкана Везувия. Для этого итальянский вулканолог Коартино решил заложить скважину, которая прошла бы наклонным путем и достигла жерла со стороны Атрио дель Кавалло — кальдерной долины, лежащей у склона внутреннего конуса Везувия.

Таким путем несколько скважин не только подавили бы вулканические параксимы, но и вывели бы перегретый пар, на котором газовые турбины могли бы давать электрическую энергию.

## СОВРЕМЕННАЯ «ПРОФЕССИЯ» ВУЛКАНОВ

Плох тот вулкан, с помощью которого нельзя сварить картошку или спечь пару яиц.

Жюль Верн.



Вулкан и электростанция! Что может быть между ними общего! Вулканы — символ стихийной разрушительной силы, не подвластной людям. Электростанция —

олицетворение организованной, закованной в бетон и сталь мощи природы, служащей человеку.

Какие силы способны овладеть огненной энергией вулкана, расточающего в течение нескольких часов заряд, равный годовой работе десятка электростанций! Уместна ли электростанция рядом с вулканом, извергающим подземный огонь!

И вот человек, подобно легендарному Прометею, похитившему огонь у богов, вторгается в подземное царство Плутона.

В склоны вулканов вонзаются копы буровых станков. С яростным шипением вырывается раскаленный пар из подземных «паровых котлов», разогретых таинственным вулканическим жаром магматических очагов. Оглушительные взрывы сотрясают воздух: дрожит под ногами земля, взлетают в небо выброшенные из скважин колонны буровых труб. Летят вслед камни, и со свистом вырываются облака раскаленного пара. Но вот человек побеждает, и покоренная стихия уже заключена в трубы паропровода. Перегретый пар устремляется на электростанцию к турбинам.

Они мерно жужжат — обузданная сила вулкана превращается здесь в электрический ток. Могучая подземная энергия покорена человеком!

ПУТИ ЭНЕРГЕТИКИ БУДУЩЕГО. Наука движется вперед эшелонами. Ее первый эшелон ведет тяжелую наступательную борьбу на переднем крае — у границы

достигнутого научного понимания мира с областью неизвестного.

Природа отдает человеку только то, на что он посягает, утаивая в тысячу крат больше! От смелости ученого, от настойчивости и риска, с которым он идет в бой, зависит успех. Здесь нельзя топтаться на месте, отступать и окапываться в тылу. «Мы должны знать о природе, о ее сущности намного больше, чем можем в данный момент использовать», — говорил в одном из своих выступлений президент АН СССР М. В. Келдыш.

Второй эшелон осваивает занятую новую территорию. Здесь утверждается значение новых открытий, они встраиваются в общую систему науки. Важную роль приобретает научная информация — огромная сводная работа, в процессе которой наука перестраивается на основе новых достижений.

Чем скорее новые открытия и достижения науки и техники проникают в техническую, научно-популярную литературу и учебники, тем меньше опасности отставания в области образования и общей культуры народа.

Наконец «в тылу» науки идет приложение новых открытий к развитию техники. Научные идеи преобразуются в новые станки, машины, синтезируются новые материалы, открываются новые перспективы для движения вперед промышленности и сельского хозяйства.

Современная техника с ее грандиозными замыслами преобразования природы потребует огромного количества энергии. Программа выработки дешевой энергии в нашей стране осуществляется введением в строй из года в год все более мощных тепловых, гидро- и атомных электростанций.

Выполнение социально-экономической программы Коммунистической партии и советского народа, создание материально-технической базы коммунизма требуют полной электрификации всей страны.

Поэтому план электрификации СССР предусматривает в течение ближайших лет увеличение электровооруженности труда в промышленности почти в три раза.

На основе дешевой электроэнергии развернутся энергоемкие производства. Будет осуществляться массовая электрификация транспорта, сельского хозяйства, быта городского и сельского населения. Во втором де-

сятилетии электрификация страны в основном должна быть завершена.

Уже сейчас производство электроэнергии в СССР составляет более 500 млрд. квт.ч в год, но к восьмидесятому году производство электроэнергии достигнет 2120 млрд. квт.ч, то есть возрастет в четыре раза [«Правда», 16 января 1967 г.].

Приток энергии в народное хозяйство должен опережать развитие промышленности. Создание новой энергетической базы коммунизма будет идти в первую очередь за счет разработки месторождений более дешевых видов топлива — угля и торфа и путем строительства электростанций на крупных реках.

Если учесть, что быстрое увеличение производства металлов, рост химической промышленности, автотранспорта и авиации требует неуклонного расширения добычи угля, нефти и газа, то можно себе представить, какого быстрого темпа нарастания потребления этих природных ресурсов мы будем свидетелями!

На многие десятилетия запасы топлива и реки страны могут обеспечить намеченный прирост получения электроэнергии.

Однако запасы ископаемого топлива постепенно истощаются. В то же время неуклонно возрастает роль угля, нефти и газа, как незаменимого сырья для химической промышленности. Сжигать уголь, нефть и газ в будущем станет так же расточительно, как прикуривать банковыми билетами.

Экономисты подсчитали, что к 1980 г. потребление в мировом хозяйстве горючих газов и нефти возрастет в 2,5 раза. При таком росте добычи этих горючих ископаемых к 2030 г. будут исчерпаны не только разрабатываемые ныне месторождения, но и запасы всех месторождений, подготовляемых к эксплуатации и прогнозируемых в настоящее время. Запасы каменного угля несколько более велики, но и они идут к истощению при все нарастающих темпах добычи.

С большой скоростью исчезают запасы месторождений этих полезных ископаемых.

По данным мировой статистики, запасов органического топлива хватит:

в странах Латинской Америки — на 19 лет;

на Среднем Востоке — на 35 лет;  
в странах Дальнего Востока и Юго-Восточной Азии —  
на 13 лет;  
в Африке — на 49 лет.

Наша страна имеет большие запасы горючих ископаемых. При условии их ежегодной добычи на уровне 1980 г. Советский Союз обеспечен углем на тысячу лет, нефтью — на 114 лет, природным газом — на 83 года, торфом — на 200 лет [Н. В. Мельников, 1966 г.].

Ресурсы рек для постройки гидроэлектростанций сейчас используются в нашей стране на 8%. Общая энергия рек СССР оценивается в 1100 млрд. квт.ч в год. В странах Азии использовано не более 3,5% гидро-ресурсов. В 1975—1980 годах строительство крупных гидроэлектростанций позволит обеспечить использование рек на 20—25%.

Но использование энергии великих сибирских рек, тесно связанное с их регулированием для питания оросительной системы и борьбы с наводнением, в будущем даст огромное количество энергии.

Что может быть выгоднее, чем дешевая энергия рек, вечно стремящихся в океан, вращая по пути турбины электростанций?

Однако и она исчерпаема. Для Европейской части СССР, например, подсчитано, что в течение нескольких десятков лет все возможные на больших реках гидроэлектростанции будут построены.

Потребление энергии во всем мире к 2000 году возрастет, по свидетельству иностранных специалистов, по сравнению с 1950 г. в 10 раз при условии, если население Земли увеличится более чем в два раза, до 6—6,5 млрд. человек.

Но в Советском Союзе выработка электроэнергии в XXI веке, по-видимому, превзойдет даже эти смелые расчеты и достигнет 12—15 тыс. млрд. квт.ч в год, увеличившись в 4—5 раз по сравнению с ее производством, запланированным на 1980 г.

Такой небывалый рост мирового потребления энергии приведет в начале XXI века к крупным изменениям в энергетическом балансе. Снизится в настоящее время чрезмерно высокий удельный вес роли угля за счет увеличения роли нефти, природного газа, гидроэнергии

и повышения коэффициента полезного действия топлива.

Но при этом общее значение тепловых электростанций значительно понизится, уступив место новым видам энергии, использование которых еще только начинается.

Угроза истощения топливных ресурсов реальна и заставляет ученых бить тревогу, вести неустанные поиски. Все чаще звучат слова: «Единственным надежным источником энергии в наше время является ядерное топливо — уран, торий, разведанные запасы которых обеспечат человечество энергией на сотни лет».

Так ли это! Прежде всего рост производства энергии для многообразных потребностей техники настолько быстро растет, что рассчитывать на далекое будущее разведанные запасы любого полезного ископаемого весьма рискованно. Примером этому являются запасы горючих ископаемых, в безграничные возможности которых верили еще так недавно. Добыча урана и изготовление тепловыделяющих стержней для атомных котлов — сложный и дорогой технологический процесс. Месторождение урана, как и месторождения других полезных ископаемых, подчинены определенным геологическим и географическим границам.

Мировые запасы урана составляют по энергетическому потенциалу 7—8% запасов горючих ископаемых.

В настоящее время большое развитие получило строительство атомных электростанций, превратившись в крупную отрасль энергетики.

К началу 1964 г. общая мощность атомных электростанций во всем мире достигла 4,5 млн. квт, а к 1970 г., вероятно, утроится.

Однако стоимость капиталовложений на квт.ч на атомных электростанциях в настоящее время в 2—4,5 раза выше, чем для электростанций на органическом топливе. Ныне многие районы Крайнего Севера благодаря атомной энергии приобретают новое направление промышленного развития.

Мощный источник энергии, открывший эру «атомного века», — атомный распад сулит человечеству в будущем блестящие перспективы. Но есть, однако, и некоторые теневые стороны производства атомной энергии.



Во-первых, широкое использование процессов атомного распада может привести к накоплению в природе вредных для жизни радиоактивных продуктов, проблема «захоронения» которых еще не решена.

Во-вторых, запасы расщепляющихся радиоактивных элементов также исчерпаемы. По подсчетам специалистов, запасы месторождений радиоактивных элементов могут обеспечить человечество энергией на 200—500 лет.

Есть и еще одно обстоятельство, также препятствующее повсеместному строительству атомных электростанций. Себестоимость электроэнергии, вырабатываемой на атомных электростанциях, значительно выше, чем себестоимость «дорогих» типов электростанций — тепловых. Затраты же на строительство и оборудование атомных станций почти в полтора раза выше, чем соответствующие расходы на электростанции, работающей на угле. Поэтому строительство атомных электростанций с экономической точки зрения имеет свой смысл только в районах, не имеющих более дешевых источников энергии.

Важным направлением в развитии современной энергетики является изыскание таких источников энергии, которые независимы от истощения запасов месторождений органических горючих веществ, от пределов для энергетических возможностей рек, от запасов атомного сырья и от других границ, которые стоят на пути развития энергетики.

Потому-то человечество устремлено своими помыслами к поиску «вечных» источников энергии, которые бы постоянно возобновлялись и не истощались.

Романтика поисков «вечного двигателя» возродилась в наше время и приобрела реальность в открытии неисчерпаемых источников синтеза ядерной энергии, в использовании солнечной энергии, приливной энергии Мирового океана, энергии глубинного тепла нашей планеты.

Какие же дешевые источники энергии существуют еще в природе?

Пока не будем касаться колоссальных запасов энергии, образующейся при реакциях ядерного синтеза. Эта энергия в будущем, когда человек сможет исполь-

зовать ее для производства электричества, навсегда обеспечит человечество. Ведь запасы сырья для ядерного синтеза — водорода и тяжелой воды\*, практически неограничены.

Громадное количество энергии образуется при синтезе ядер легких элементов. Один грамм дейтерия — тяжелого изотопа водорода при превращении выделяет энергию в 10 раз большую, чем дает сжигание одной тонны угля. Природное сырье для этого процесса имеет колоссальные запасы, оно содержится в воде океанов. На этом сырье можно вырабатывать электроэнергию  $10^{23}$  квт.ч [акад. Кириллин, 1966 г.].

Однако электроэнергию этим путем еще не удалось получить.

Солнце — источник жизни на Земле. Его энергия проявляется во всей живой и неживой природе. Но человек стремится использовать солнечное тепло для получения промышленного тока. Правда, возможности применения солнечной энергии для этой цели связаны лишь с «малой энергетикой» и экономически оправданы только в тропическом поясе, ограниченном в стороны от экватора  $40^\circ$  северной и южной широты.

В Армении намечена постройка такой электростанции на солнечной энергии мощностью в 1200 квт. Эта мощность, конечно, даже менее «капли в море», так как запасы солнечной энергии практически неисчерпаемы. Но строительство крупных «солнечных» электростанций пока невыгодно.

Другой возобновляемый источник энергии — ветер, хотя и имеет большую силу (стоит вспомнить о бурях и ураганах), но он дует непостоянно и может быть использован также только в «малой энергетике», где эти возможности учитываются.

Приливно-отливные перемещения воды в океанах также относятся к возобновляемым источникам энергии.

\* Существует 33 разновидности воды, образующихся из изотопов кислорода и водорода ( $O_{16}O_{17}O_{18}H_2$ ). Тяжелая вода отличается особыми свойствами и применяется в ядерных реакциях.

Речь идет о постройке электростанций, использующих силу приливов и отливов. В ряде стран с ограниченными энергоресурсами уже намечена постройка таких электростанций.

Во Франции строится приливная электростанция мощностью 342 000 квт. В нашей стране есть возможность строительства приливных электростанций на побережьях морей и океанов.

Приливы и отливы — ресурсы «большой энергетики» будущего. Сейчас построена опытная приливная электростанция на Мурманском побережье в губе Кислой Баренцева моря. Составлен проект строительства мощной приливной электростанции в Белом море, в устье р. Мезени. Здесь приливно-отливная разность воды составляет 7 м.

В Пенжинской губе Охотского моря, на западной Камчатке, в будущем намечено строительство приливной электростанции большой мощности.

Практически неисчерпаемый источник энергии — тепло морей и океанов. Турбина электростанции может работать за счет разности температур в глубине океана и на его нагретой тропическим солнцем поверхности.

В Западной Африке, в Гвинейском заливе, близ г. Абиджан, есть такая электростанция, требующая для получения 7 тыс. квт. электроэнергии 30 тыс. куб. м/час воды, накачиваемой из глубины океана с температурой 8°C. На поверхности океана температура воды достигает 30°C. Однако само собой понятно, что электростанция такого типа возможна только под тропиками и, вероятно, лишь в пределах «малой энергетики».

Внутреннее тепло Земли относится к возобновляемым, то есть практически неисчерпаемым источникам энергии. По сравнению с солнечным теплом, энергией ветра, морскими приливами и теплом океана тепло земли отличается значительной концентрацией в своих месторождениях, а дешевизна электроэнергии, получаемой за счет вулканического тепла, составляет его преимущество по сравнению даже с гидроэлектроэнергией — до сих пор самой дешевой энергией в мире.

Каковы же перспективы использования этой внутриземной энергии?

Следует сказать, что энергия вулканической деятельности не менее огромна. Примеры мощных извержений совсем недавно мы видели: в нашем районе в 1956 г. извергнулся вулкан Безымянный. Его взрыв выделил энергию  $4 \times 10^{23}$  эрг, что равно 40 000 млрд. квт, и соответствует по мощности 40 атомным бомбам.

Общая освобожденная тепловая энергия —  $2,2 \times 10^{25}$  эрг равна энергии взрыва двух водородных бомб.

Начальное давление взрыва — 3000 атм.

Извержение Шивелуча дало выброс энергии не менее 10 000 млрд. квт. Для того чтобы получить представление об этих величинах энергии, упомянем о том, что годовая выработка электроэнергии всех электростанций нашей страны в 1967 г. была более 500 млрд. квт.ч при общей мощности электростанций более 100 млн. квт.

Мощность взрыва Шивелуча в 10 тысяч раз больше мощности всех электростанций нашей страны, иными словами, если бы Шивелуч проработал с такой мощностью около 0,8 часа, он мог бы обеспечить электроэнергией годовое потребление всей страны.

Таким образом, в районах действующих вулканов природа расточает на ветер огромные силы, овладеть которыми уже способна современная техника.

Человек должен внести порядок в жизнь вулканов и сделать их современной «профессией» передачу глубинной энергии на турбины электростанций.



существуют районы, где и зимой и летом из Земли поднимаются пар и горячие ключи. Здесь в буквальном смысле слова «отопливается небо». Тепло из глубин

Земли достигает поверхности в таком изобилии, что сезонные колебания температуры воздуха не оказывают влияния, и теплая земля всегда покрыта зеленой травой.

Особенно много выносят тепла на поверхность действующие вулканы, расточающие в течение своей жизни, длящейся десятки и сотни тысяч лет, огромную энергию.

Однако не только в вулканических районах Земля «бросает на ветер» свое внутреннее тепло. Весь земной шар непрерывно излучает в атмосферу поток тепла, идущего из его глубин. По величине этого теплового потока можно определить температуру в глубине Земли.

В зависимости от геологического строения и ряда других причин (в том числе от скорости современных вертикальных движений земной коры) поток тепла неодинаков для разных областей. Температура глубинных слоев в вулканических областях и районах нефтяных месторождений (в последних частично за счет химического окисления органических веществ) во много раз выше, чем в других районах. В осадочных породах, образующих «чехол» на кристаллическом фундаменте древних щитов континентов, температура при опускании на каждые 32—33 м в глубь Земли повышается в среднем на 1°. В древних кристаллических щитах температура с глубиной возрастает в 3 раза медленнее.

Еще М. Ломоносов предполагал, что со дна океана также поднимается тепловой поток. Он писал более

200 лет назад: «...ращение трав и мягкость ила требует теплоты дна морского. Для сохранения оные через толь многие века везде подземный огонь нужен, ибо весьма невероятно, чтобы солнечные лучи тлетворным движением в такой глубине могли произвести к тому довольное действие».

Ныне специальные приборы, опускаемые учеными с борта корабля, позволяют определить величину этого теплового потока.

То количество метров, на которое можно опуститься в глубь земной коры, чтобы температура повысилась на 1°, называется геотермической ступенью. Геотермические ступени и тепловые потоки для различных районов вычислены на основании измерения температур в буровых скважинах. Поэтому достоверными данными о температурах мы располагаем только до глубины не более 10 км, которой достигают буровые скважины. Глубинное структурное бурение на 10—15 км, проектируемое в ряде районов, чрезвычайно обогатит наши знания о температурах глубин Земли.

На основе измерения геотермической ступени известно, что температура возрастает с глубиной неравномерно. При погружении в глубь Земли температура вначале быстро повышается, а затем возрастает настолько медленно, что достигает 1000°С только на глубине 30—40 км. На глубине 600—900 км температура, по теоретическим расчетам, приближается к 2000°, а глубже 1000 км повышается столь медленно, что у ядра земли достигает не более 3000—4000°С.

В настоящее время на больших глубинах Земли температуру вычисляют разными методами, в том числе на основе изучения электропроводности Земли. В центре Земли ученые предполагают температуру от 10 000 до 76 000°С.

Как видите, температуры, полученные по этим данным, весьма расходятся с температурами, рассчитанными по геотермической ступени.

Предполагается, что Земля сосредоточила огромный запас тепла в ядре, лежащем под мантией на глубине свыше 2900 км, где колебания температуры происходят в пределах 2000—10 000°С. Это тепло расходуется очень экономно вследствие плохой теплопроводности

горных пород. Лишь в течение многих миллионов лет тепловой поток с этих глубин достигает земной поверхности. В недрах Земли существуют три области, где равновесие между температурой и громадным давлением, царящим на глубине и превышающим температуру плавления, нарушается и образуется магма. Ученые догадываются об этом по поведению поперечных волн землетрясений, не проникающих сквозь жидкости. Отмечается, что эти волны затухают у границы земного ядра, а также под некоторыми действующими вулканами на глубинах 60—150 км. Здесь вероятно образование вулканических очагов. Небольшая глубина вулканических землетрясений и тепловые свойства вулканов позволяют предполагать также на глубине нескольких километров под вулканами периферические вулканические очаги, образующиеся периодически.

Советские геофизики предполагают, что питающий очаг расплавленной магмы камчатского вулкана Ключевская Сопка находится на глубине 60 км от земной поверхности, а периферический очаг Авачинского вулкана лежит под вулканом чуть ниже уровня моря, на глубине 3 км. Некоторые вулканологи питают столь большое доверие к гипотезе о возможности существования периферических очагов, что предполагают извлекать из них тепловую энергию через буровые скважины.

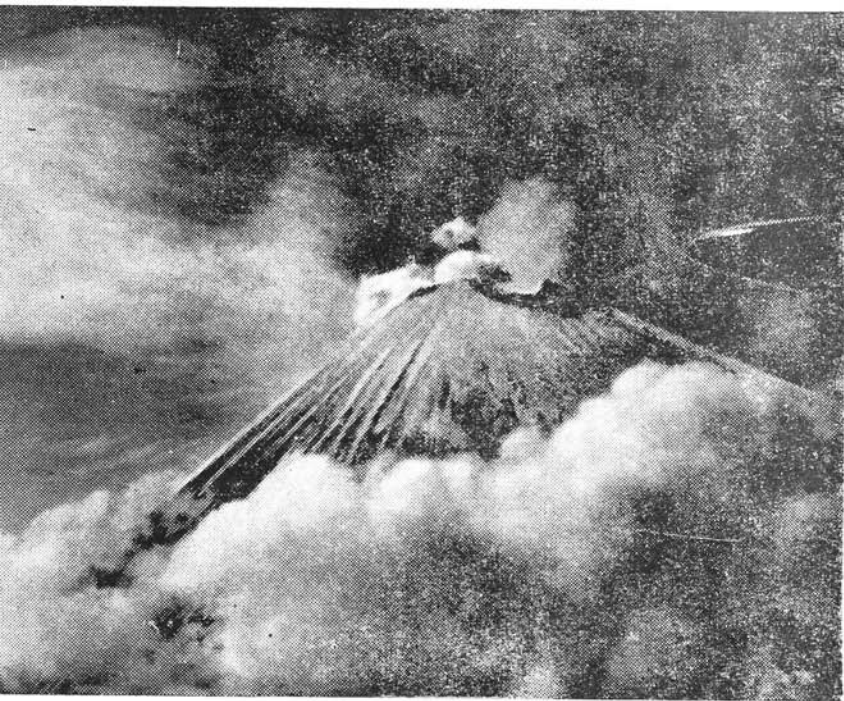
Высокая температура внутри Земли и низкая на ее поверхности позволяет рассматривать Землю как своеобразную тепловую машину, в которой часть тепла превращается в механическую энергию, образующую вулканические разломы. Этот процесс рисуется следующим образом: при поднятии к поверхности Земли anomalously-высокого теплового потока происходит расплавление основания земной коры, поднятие ее в виде свода и последующее обрушение этого свода при излиянии лавы с образованием вулканического разлома преимущественно в районах малой мощности земной коры и на стыках земной коры разного типа. При выплавлении и дегазации магмы из глубин Земли ее легкоплавающая часть внедряется в земную кору в поясах этих разломов, образуя вулканические очаги.

Под давлением горячих паров и газов магма этих очагов прорывается на земную поверхность, образуя

Вулканы молчат

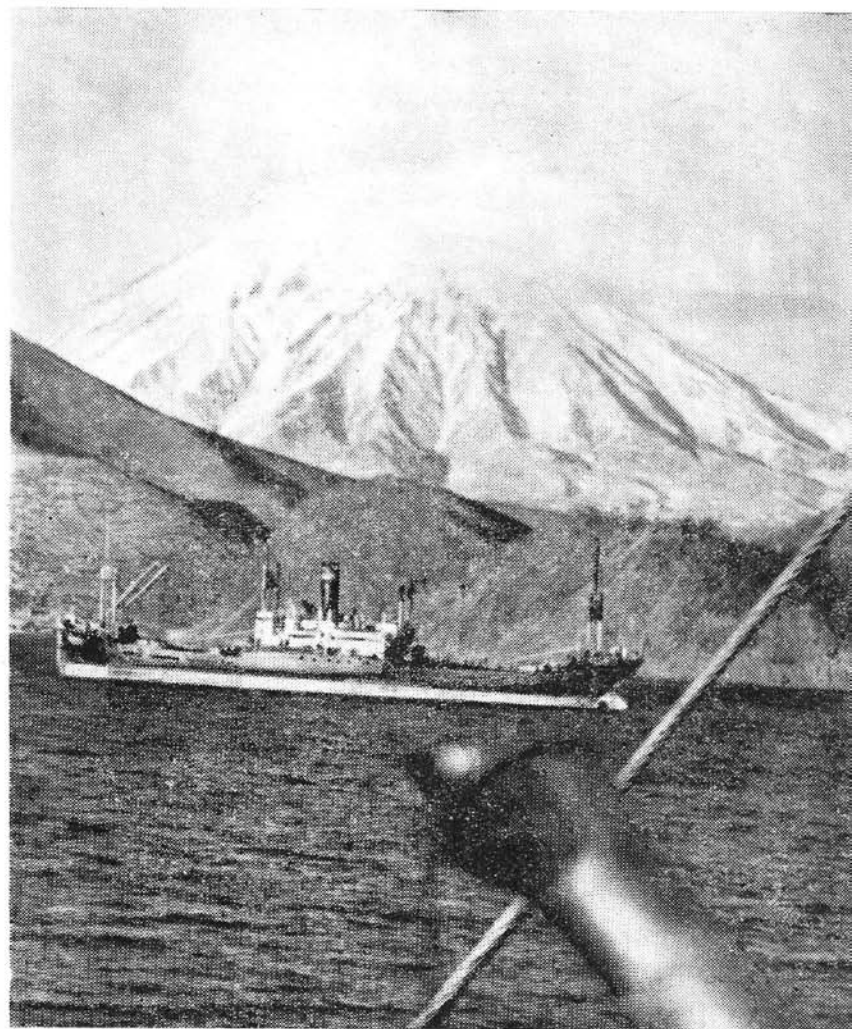


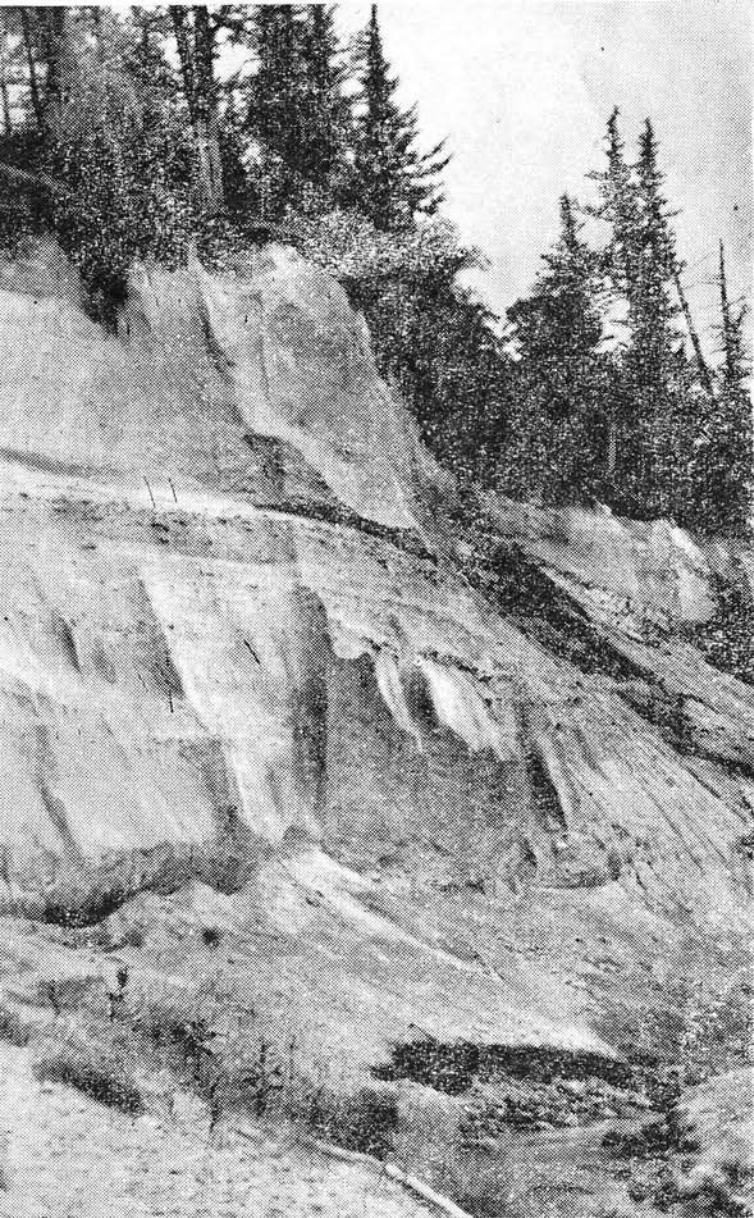




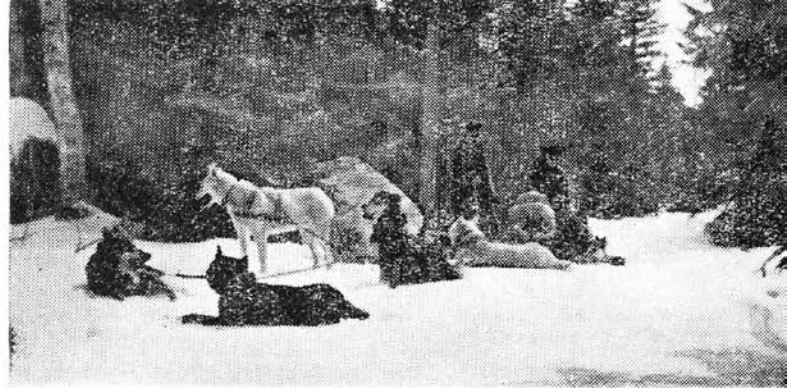
Выше облаков поднялся конус  
Ключевского

Корякский вулкан над Ава-  
чинской бухтой



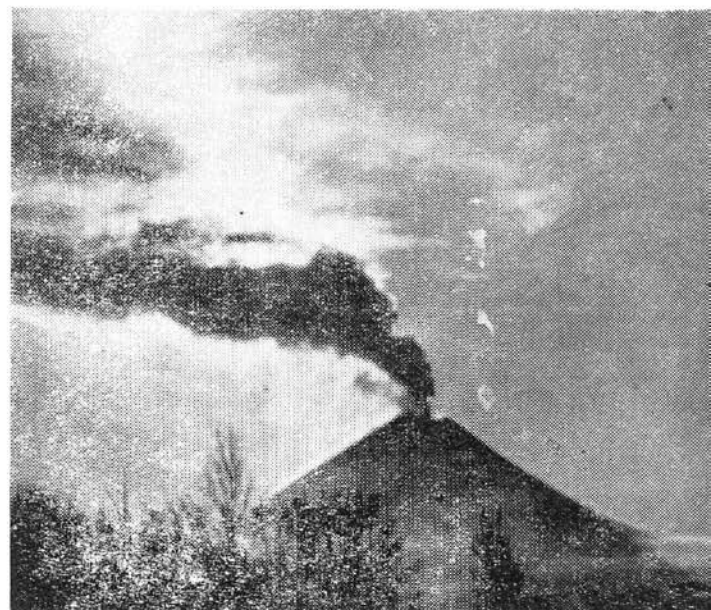


Древнейшие пемзовые потоки  
Шивелуча прорезаны оврага-  
ми, поросли лесом



Отдых в тайге

Темная пепловая туча Ключев-  
ского вулкана закрыла солнце







Вихри пепла и пара над Безы-  
мянным

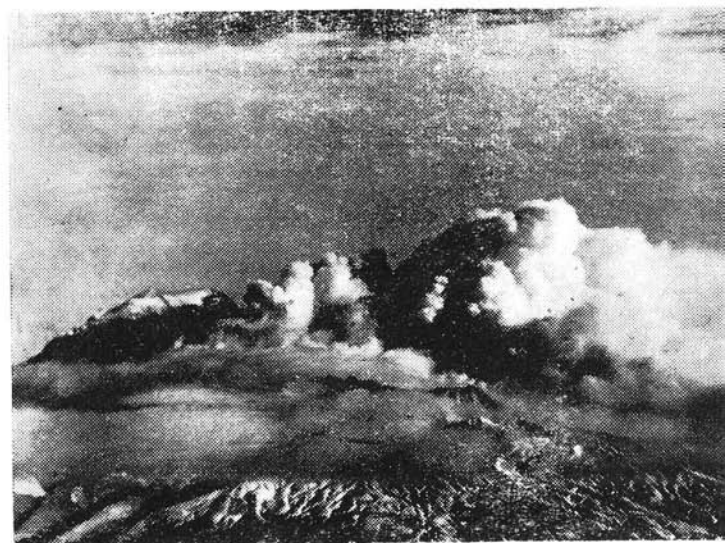
Извержение Шивелуча 12 но-  
ября 1964 года



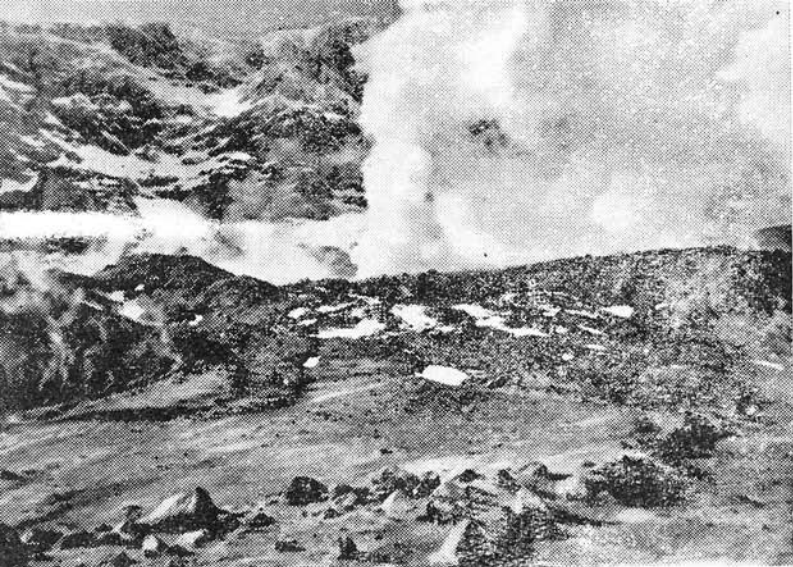


В предрассветной мгле с се-  
вера на нас надвигалась тем-  
ная туча...

Газовая «грива» над Шиве-  
лучем

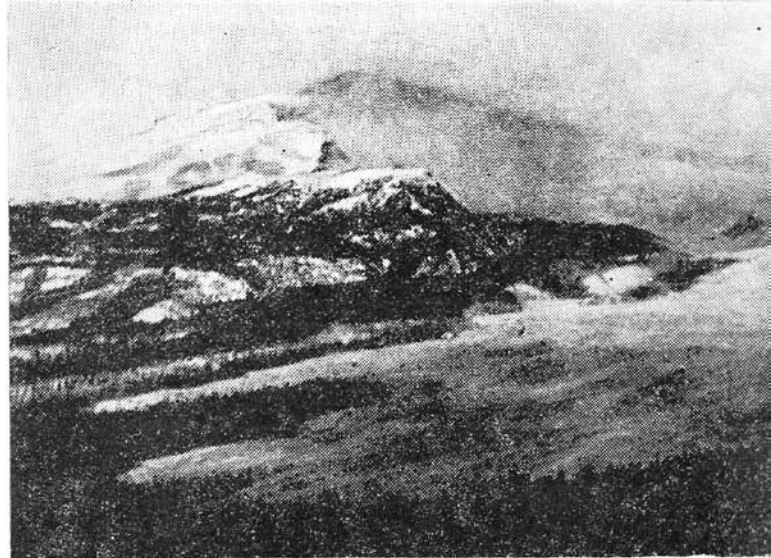
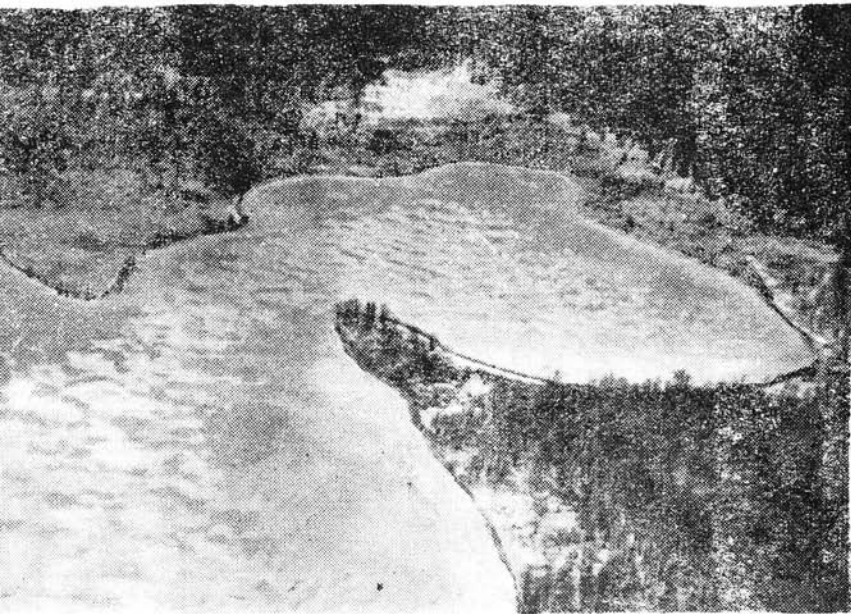






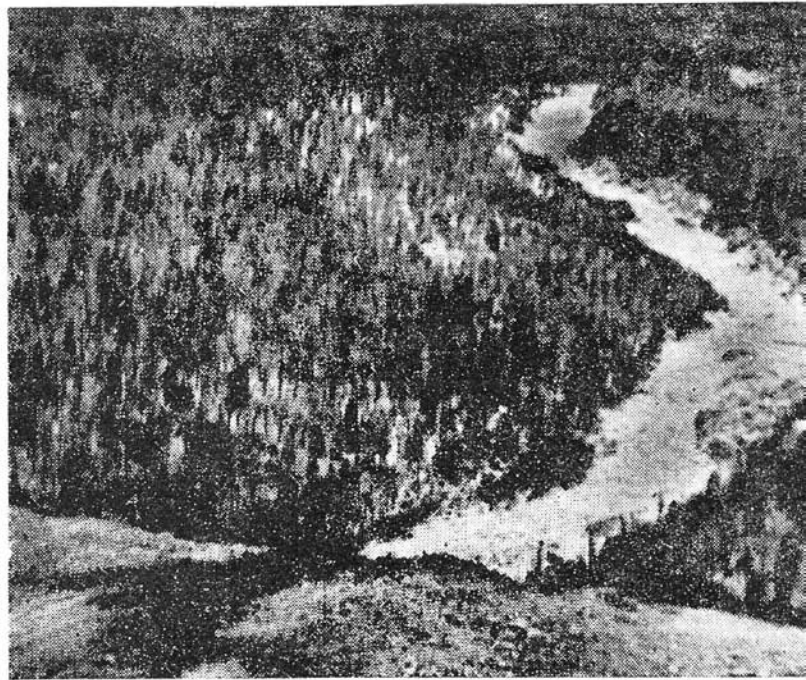
Из многочисленных трещин  
нового кратера Шивелуча вы-  
рывались паровые струи

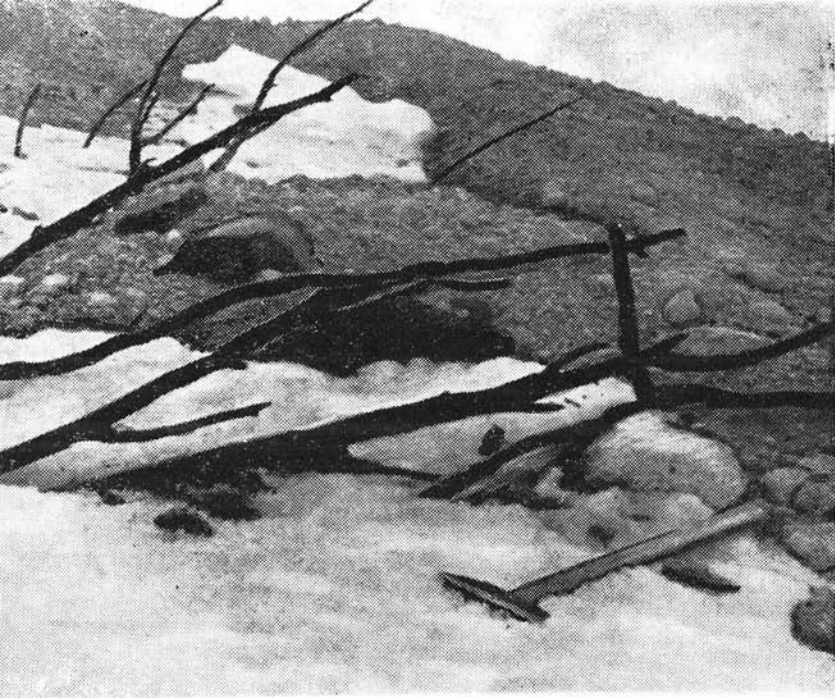
У подножия Шивелуча — гро-  
мадное покрывало агломера-  
товых и грязевых потоков, от-  
ложений раскаленных пепло-  
вых туч. Оно покрыло пло-  
щадь около 70 кв. км



Языки грязевых потоков Ши-  
велуча стремились на юг, сли-  
зывая леса и снега

Далеко в тайгу врезался язык  
агломератового потока



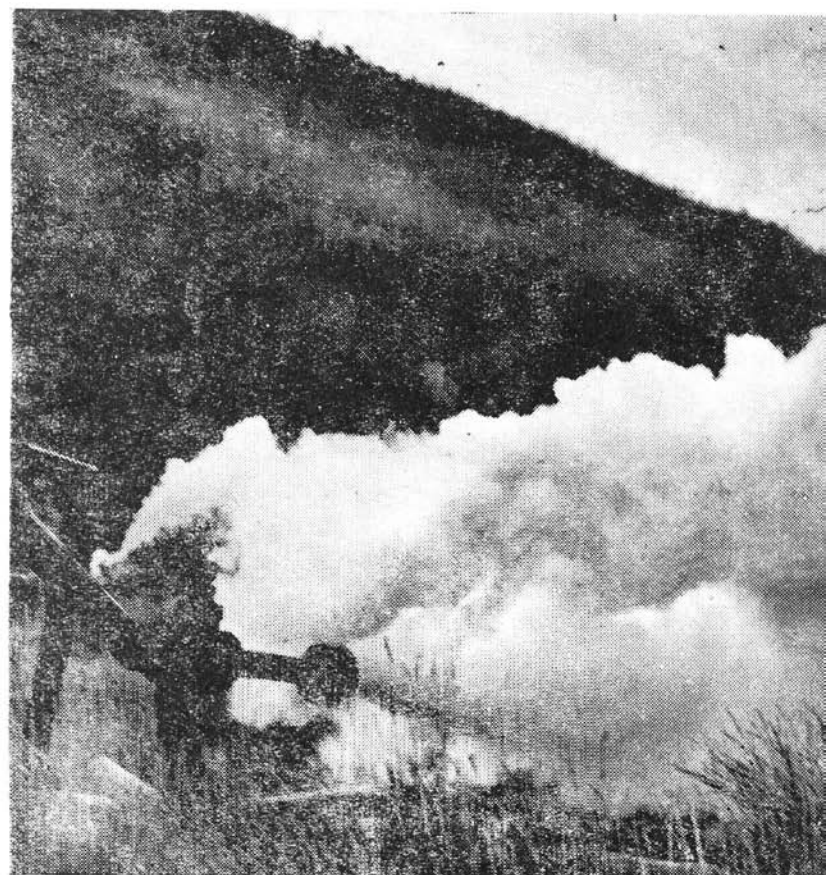


Обугленные ветви деревьев  
на краю лавины Шивелуча

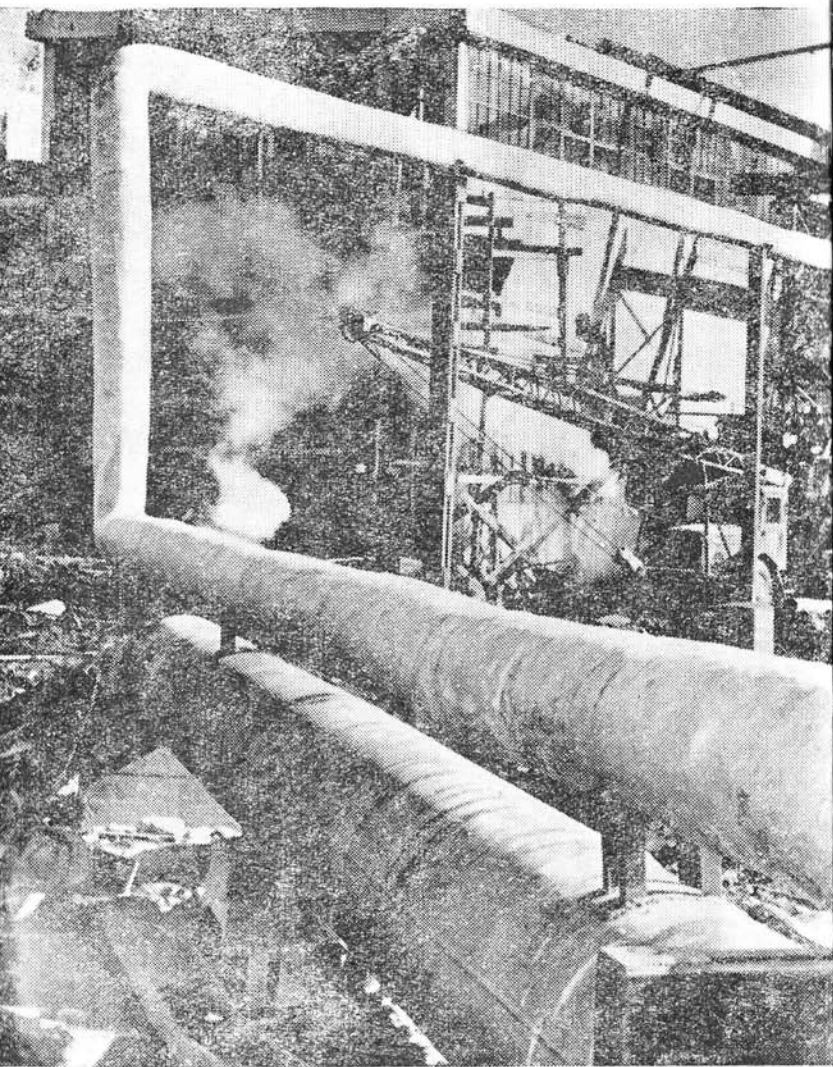
Так выглядит камчатский гейзер



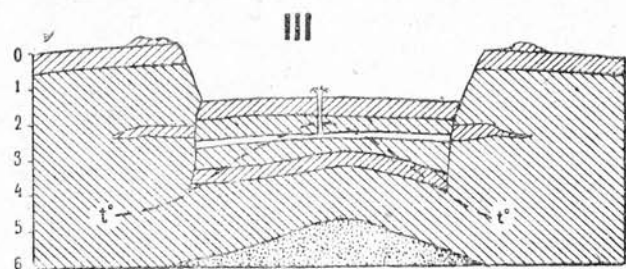
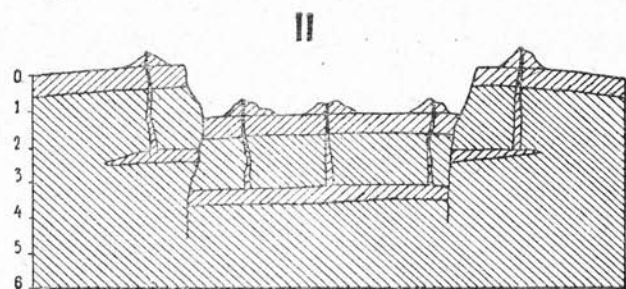
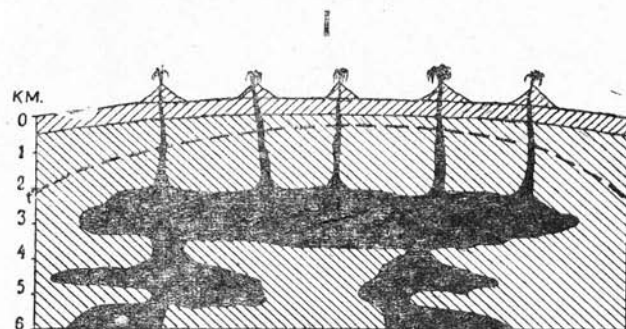
А это гейзер, закованный в  
стальные трубы на Паужетке

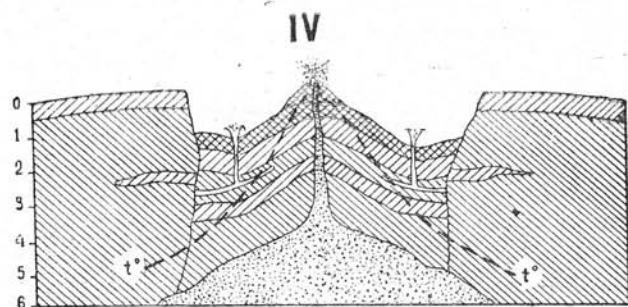






Паужетская геотермальная  
электростанция строится





V

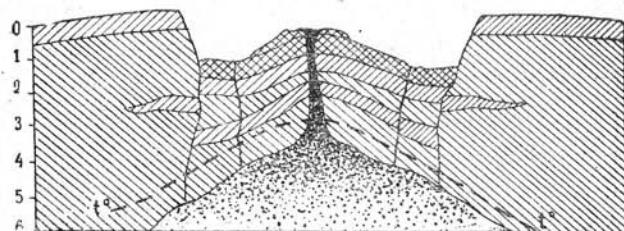


Схема образования вулканического разлома — грабена.  
I. Поднятие к поверхности земли фронта глубинного тепла (пунктирная линия), образование периферического вулканического очага, поднятие свода и проплавление земной коры.

II. Отступление теплового фронта в глубь Земли, обрушение свода, образование вулканического разлома.

III. Второе поднятие фронта глубинного тепла, образование внутреннего свода в разломе.

IV. Возникновение вулкана на внутреннем своде в вулканическом разломе и образование артезианских бассейнов горячих вод у подножия вулкана.

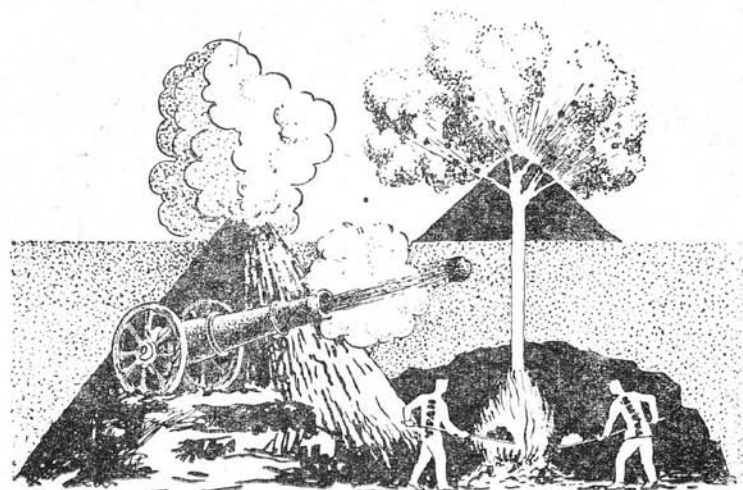
V. Отступление теплового фронта и разрушение потухшего вулкана.

вулканы. В этих поясах из недр земли выносятся огромная тепловая энергия, отдельными «фокусами» проявления которой являются вулканы. Действующий вулкан является как бы прообразом механизмов — парового котла, паровой машины, пушки и... самовара, созданных человеком.

Тепло концентрируется внизу, в вулканическом очаге — генераторе тепла. Это как бы подогреватель у котла. Земная поверхность играет роль холодильника у паровой машины.

Канал вулкана, по которому поднимается лава, можно сравнить с цилиндром, а лаву — с поршнем паровой машины или снарядом в стволе орудия, в зависимости от характера деятельности вулкана. Лавовая «пробка», закрывающая кратер вулкана, подобна клапану паровой машины или «пыжу» пушки.

Механизм деятельности вулканов на Гавайских островах своими извержениями напоминает паровую машину. Жидкая базальтовая лава во время извержения поднимается по жерлу вулкана, а потом отступает вниз. Во время подъема лавы она заполняет трубчатые каналы вулканической «пробки», которая под влиянием тепла размягчается и подобно поршню поднимается и опускается вместе с лавой.

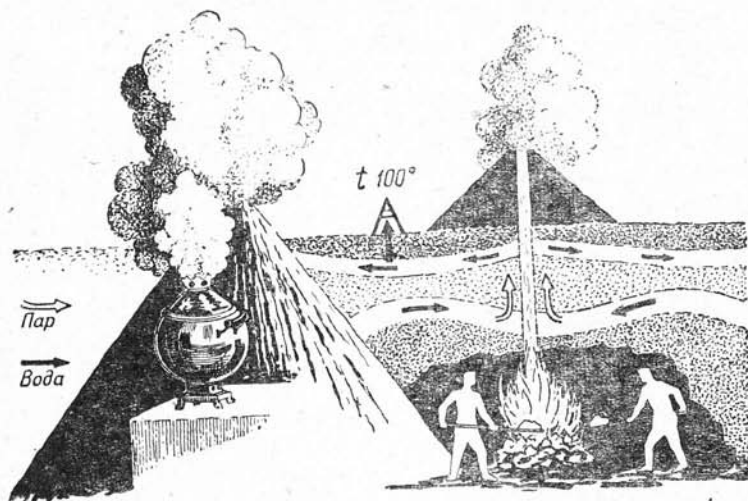


Вулкан-пушка

Вулканические пары и газы, нагреваясь, расширяются и играют роль преобразователей тепловой энергии в механическую.



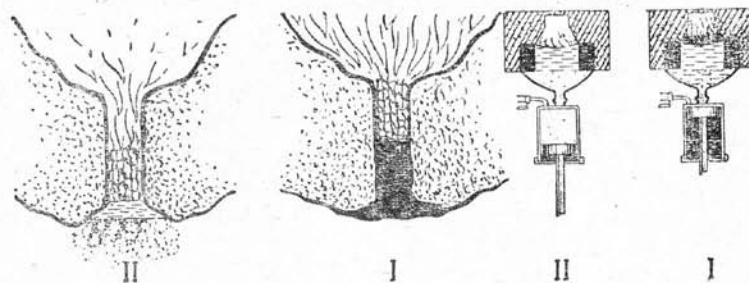
Особенно эффективно это происходит, когда деятельность вулкана, после его долгого молчания, разрешается одним колоссальным взрывом: вулкан в этом случае подобен пушке. Жерловая пробка из вязкой лавы прочно запирает канал, длительное время препятствуя



Вулкан-самовар

выходу горячих газов, стремящихся вырваться из жерла. Но повышение давления в жерле в конце концов получает выход — происходит взрыв, пробивающий пробку, а в некоторых случаях и разрушающий вулкан, как это иногда бывает у недостаточно прочных орудийных стволов. При таком взрывном извержении вулкан в короткое время расточает огромные запасы тепловой энергии.

В перерыв между извержениями вулкан подобен паровому котлу беспламенного горения, в котором нагреваются куски огнеупорного материала, передающего тепло воде, окружающей котел. Еще проще сравнить такой вулкан с самоваром, что дает возможность наглядно представить условия, при которых происходит нагрев подземных вод в фундаменте. Разница лишь в



Вулкан — паровая машина

том, что если из трубы топki самовара в резервуар с водой ничего не попадает, то через жерло вулкана в «корни» водоносных горизонтов тепло переносится с газообразным паром — флюидом, нагретым до температуры не менее  $1000^{\circ}\text{C}$ .

Залегание и движение подземных вод зависит от геологического строения и пористости горных пород. Вода может двигаться по трещинам или насыщать пористые породы, образуя горизонты вод артезианского типа.

В нижнем ярусе горных пород поток подземных вод направлен к вулканическому каналу, а в верхнем — от него.

Поблизости от жерла действующего вулкана вода превращается в пар и поднимается по трещинам, выходя по разломам или артезианским скважинам на поверхность недалеко от подножия вулкана.

Следовательно, из глубин Земли тепло идет вместе с магмой, вулканическими парами и газами, нагревая в верхних частях земной коры подземные воды и превращая их в пар.

Этот вывод для нас очень важен, так как сила пара издавна знакома человеку: она двигает паровые машины и турбины электростанций. Таким образом, передачу глубинной энергии осуществляет сама природа; весь цикл теплоотдачи парового котла: топливо — вода — пар — совершается без вмешательства человека. Готовый пар под давлением, необходимым для работы па-

ровой турбины, нам остается только получить из «подземных паровых котлов» при помощи буровых скважин.

Концентрация энергии — одно из важнейших условий, создающих возможность ее промышленного использования. Как подсчитано, тепло, получаемое Землей от Солнца, в 5000 раз больше теплового потока Земли, но возможность промышленного использования солнечного тепла сравнительно невелика, потому что оно слишком рассеяно.

Чрезмерная концентрация энергии также не всегда удобна для практических целей. Например, энергия одного взрыва действовавшего в 1956 г. вулкана Безымянного, по подсчетам вулканолога Г. С. Горшкова, была равна годовой продукции энергии Куйбышевской гидроэлектростанции. Однако использовать эту разрушительную энергию невозможно.

Но каковы условия, при которых вулканическая энергия приносит пользу человеку?



использованию глубинного тепла Земли для энергетических целей в последние годы уделено значительное внимание.

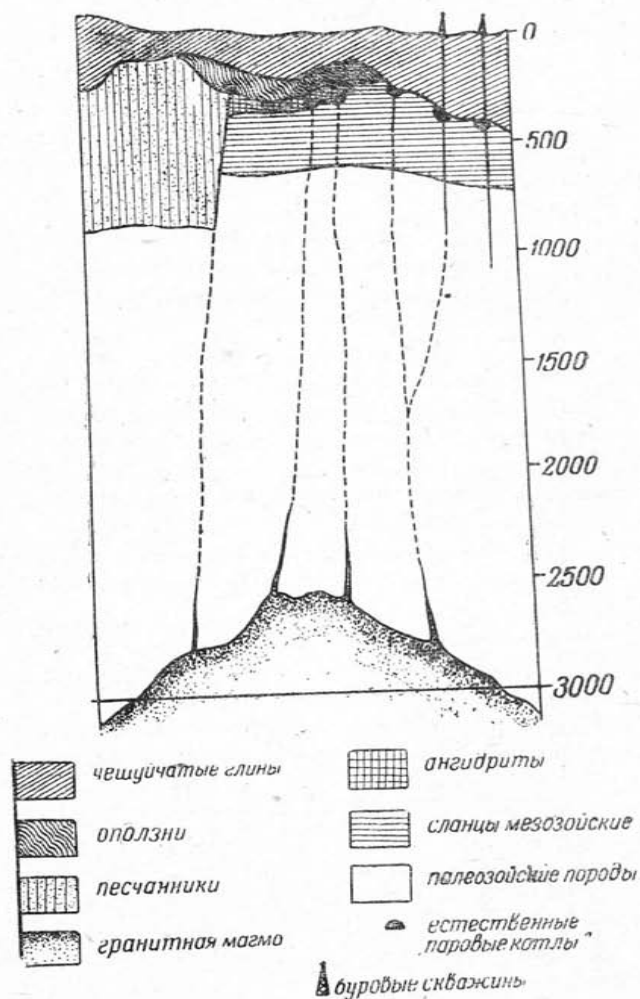
Успехи геотермальной энергетики за рубежом становятся все более известны не только специалистам. В последние десятилетия она получила развитие во многих странах, где есть вулканы. Прежде всего должны быть названы Италия и Новая Зеландия, создавшие геотермальные электростанции мощностью соответственно 538 и 190 тыс. квт. Давно используется вулканическое тепло в Исландии. В 1970 г. там будет построена геотермальная электростанция в 35 тыс. квт.

Буквально в последние годы большой размах приобрели геотермальные работы в Японии. Мощность геотермальных электростанций здесь пока что невелика — около 30 тыс. квт. Но в Японии готовятся к эксплуатации крупные геотермальные месторождения, которые должны обеспечить в ближайшие годы суммарную мощность электростанций порядка 500 тыс. — 1 млн. квт. Построена электростанция на 80 тыс. квт. в США, ведутся разработки в Латино-Американских странах.

Таким образом, к созданию геотермальной энергии обращаются страны самого разного уровня технического развития.

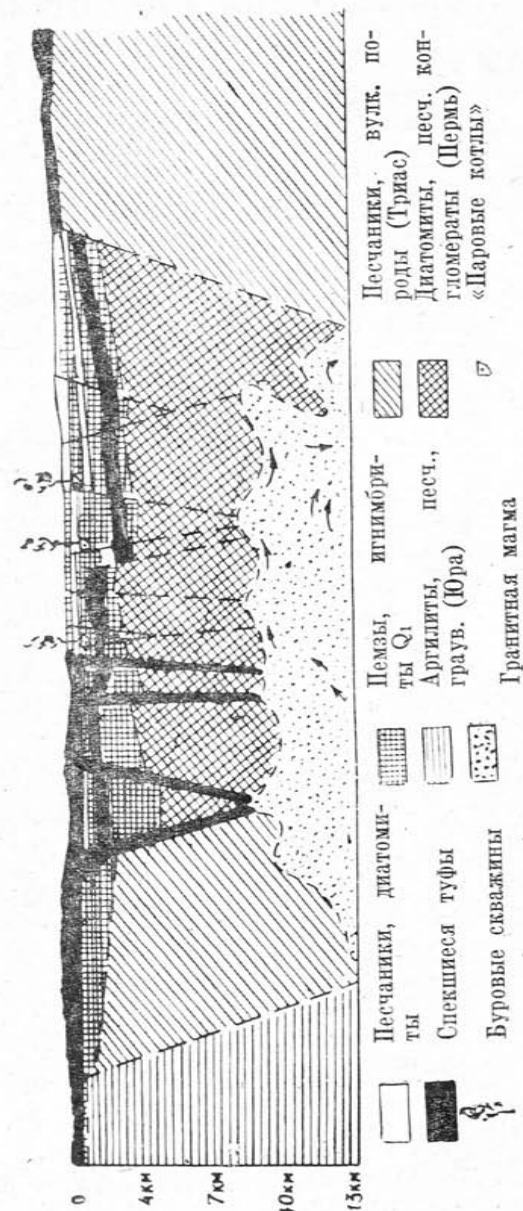
Уже остались позади стадии экспериментальных работ. Разведка и эксплуатация геотермических месторождений содержит не больше производственного риска, чем имеется в любой отрасли горнодобывающей промышленности. В вулканических районах разведка геотермических ресурсов часто более рентабельна, чем разведка нефтяных месторождений.

Накоплен опыт в технике бурения и строительстве



Разрез месторождения глубинного тепла Лардерелло в Италии

геотермических электростанций. Работы итальянских инженеров, явившихся пионерами в области геоэнергетики, длились десятки лет, прежде чем были достигнуты важные практические результаты. Новозеландские ин-



Строение месторождения вулканического тепла Вайракея (Новая Зеландия)

женеры, используя опыт итальянцев, построили в несколько лет мощную геотермальную электростанцию.

Задача советских инженеров — использовать мировой опыт овладения геотермической энергией и добиться успешного решения этой проблемы в короткий срок, используя преимущества социалистической экономики нашей страны.

Работы по созданию геотЭС в современном виде не представляют принципиальных технических трудностей. Схемы их работы давно освоены, а разбуривание геотермальных месторождений с температурами до  $300^{\circ}$  успешно осуществляется роторными установками, широко применяемыми для бурения на нефть и газ.

В мировой практике для выработки электроэнергии используются высокотермальные воды и пар с температурой более  $100^{\circ}$ . Эти термальные воды распространены на небольших глубинах в области современного вулканизма — на Камчатке и Курильских островах.

Поиски, исследования и разведка геотермальной энергии сходны в методическом отношении с работами на нефтяных площадях. Производятся геологические, гидрогеологические и геофизические исследования, а бурение сопровождается той же степенью риска.

На первом этапе работы — выборе места исследований — важно установить экономическую целесообразность использования в районе геотермальной энергии

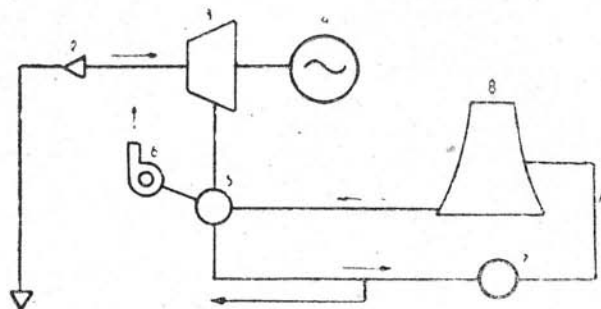


Схема электростанции, работающей на подземном паре (без теплообменника):

1. Буровая скважина. 2. Сепаратор. 3. Турбина. 4. Генератор тока. 5. Смешивающий конденсатор. 6. Компрессор с электроприводом. 7. Насос. 8. Градирия.

и сравнить ее стоимость с другими энергетическими источниками (топливо, гидроэнергия, атомная энергия).

На стадии поисковых работ и геофизической разведки стоимость геофизических работ оценивается примерно в 4—6 раз дороже, чем геолого-гидро-геохимические работы.

Программа геофизики включает: электрометрические, магнитные, гравиметрические, сейсмические и геотермальные исследования.

Далее проводится бурение нескольких разведочных скважин. Иногда первые скважины уже используются для установок, дающих ток для бурения следующих скважин. Стоимость этих работ в 4—6 раз превышает стоимость геофизической разведки.

Опробование и оценка месторождения проводится параллельно с введением в строй первых энергетических установок, после чего проектируется вся электростанция. Строительство ее обходится из расчета мощности 25—30 000 квт — несколько более дорожке затрат на разведку.

Таким образом, отношение стоимости этих четырех этапов работ составляет  $1 \times 6 \times 6 \times 1$ . При этом полная окупаемость наступает примерно через 3—5 лет, и электроэнергия становится очень дешевой.

Работы по промышленному использованию геотермального тепла в нашей стране начаты в 1963 г.

По данным Института вулканологии СО АН СССР, мощность геотермальных электростанций на Камчатке, построенных на геотермальных месторождениях, может составить 375 тыс. квт. [таблица 2].

Поиски термальных вод ведет Министерство геологии СССР, а разведку осуществляют две организации: Министерство геологии СССР и Министерство газовой промышленности. И если в 1964 г. на термальные воды было пробурено 35,4 тысячи метров, то в 1965 году — 70,2 тыс. метров, в 1966 году — 70,9 тыс. метров.

Разведочные работы ведутся на Кавказе, на Камчатке, начата разведка в Казахстане, на Сахалине и Украине.

Прогнозные запасы термальных вод подсчитывались лабораторией гидрогеологических проблем АН СССР. По ориентировочным данным, ресурсы термальных вод с температурой  $60—80$  до  $120—200^{\circ}\text{C}$  оцениваются в



Типы месторождений глубинного тепла

Таблица 1

Тип месторождения	Глубина залегания теплоносителя	Теплоноситель, его температура	Теплосодержание в кал.	Химическая характеристика	Способ использования	Существующие и возможные энергоустройства
Действующие вулканы	Периферийные очаги на глубине 3—50 км, лавовые озера в кратерах вулканов, лавовые потоки 200 м и глубже	Магма или лава более 1000°  Флюид более 1000°	400  1000	Силикатный расплав  Газовая «плазма»	Бурение скважин до 5 км, накачивание холодной воды и отбор пара Бурение скважин к «корням» гидродинамических систем	Возможна постройка электростанций, мощностью более 1 млн. квт.
Подземные «паровые котлы» в осадочных породах в районах вулканизма		Перегретый пар более 200°	650—800	Низкое содержание $\text{CO}_2$ и $\text{H}_2$	Бурение скважин до 1 км для получения пара	Построены электростанции общей мощностью несколько сот тысяч квт (Италия, Калифорния).
Артезианские бассейны и трещинные системы в вулканических и осадочных породах в районах вулканизма	100 м и глубже	Перегретые воды 150—240° при вскрытии скважинами вскипают	150—240	Азотноуглекислые воды с низкой минерализацией (3—5 г/л)	Бурение скважин	Построены электростанции средней мощности в Новой Зеландии, Исландии, Японии, на Пауэтке.
Артезианские бассейны и трещинные системы в районах молодой магматической деятельности	До нескольких тысяч м	Высокотемпературные воды от 50 до 150°	50—150	Углекислые термы с различной минерализацией	Бурение средних и глубоких скважин	Теплофикация, строительство теплиц.

Тип месторождения	Глубина залегания теплоносителя	Теплоноситель, его температура	Теплосодержание в кал.	Химическая характеристика	Способ использования	Существующие и возможные энергооборудования
Термальные воды и артезианские системы в осадочных породах в различных структурных районах	На средних и больших глубинах (до 3 км)	Горячие воды до 50°	40—50	Метановые воды с различной минерализацией	Бурение средних и глубоких скважин	Теплофикация, обогрев грунтов.

количестве около 15 млн. кубометров в сутки. Из них на Камчатке, Курильских островах, Сахалине — 1500 тыс. кубометров в сутки.

По этим данным, использование ресурсов геотермального тепла для выработки электроэнергии и теплоснабжения может заменить около 100 млн. условного топлива в год.

Некоторые ученые полагают, что на глубине трех-пяти километров запасы тепла Земли соизмеримы с ресурсами угля, нефти, газа и торфа, вместе взятых.

Термальные воды, хотя и отличаются меньшим количеством тепла на единицу объема, сравнительно с теплотворностью угля и нефти, но зато характеризуются чрезвычайно крупными ресурсами месторождений, широко распространенных по всему земному шару и постоянно возобновляемых естественным путем.

Термальные воды залегают под землей до глубины более 50 км, и температура вод с глубиной увеличивается. В верхней части подземных слоев лежат холодные и теплые воды, образующие сравнительно небольшие линзы, достигающие в равнинных районах глубины 2—3 км, ниже их сменяют горячие воды.

В вулканических районах линзы холодных подземных вод выклиниваются, и к поверхности Земли близко подходят горячие воды. Таким образом, объем холодных вод не достигает и 2% общих запасов подземных вод, а остальная доля приходится на теплые и горячие воды.

При этом высокотермальные воды с температурой, превышающей 100° С, имеют в скважинах большие напоры, позволяющие перегонять эти воды к силовым установкам.

В настоящее время разведаны десятки крупных подземных артезианских бассейнов термальных вод, вскрытых тысячами буровых скважин по всей территории страны.

Подсчет запасов термальных вод только начат. Однако имеющиеся данные говорят о том, что они огромны.

Наиболее крупные артезианские бассейны, занимающие площади до нескольких миллионов км<sup>2</sup>, характерны для равнинных областей и предгорных прогибов с пологим залеганием осадочных пород и нормальным

геотермическим градиентом. Здесь горячие воды с температурой до 100—150° встречаются на глубинах 3—4 км. Однако эти глубины доступны для современного бурения, а запасы горячих вод очень велики и устойчивы.

В межгорных впадинах молодых горных районов артезианские бассейны имеют меньшие размеры и заключают горячие воды с температурами, достигающими 100°.

Встречаются горячие источники, образованные естественными выходами по разломам. Глубина бурения промышленных скважин здесь требуется меньше — в пределах 2—2,5 тыс. м.

В районах современного и недавно угасшего вулканизма артезианские бассейны имеют сравнительно малые размеры и бывают связаны с вулканами.

Температуры горячих вод здесь наиболее высоки, и уже на глубине нескольких сот метров встречаются перегретые воды с температурой более 200° С, и тогда на поверхность выходят не только горячие ключи, но и перегретый пар.

Первые сведения о горячих ключах Камчатки были получены более 200 лет назад С. П. Крашенинниковым, обследовавшим кипящие источники в долинах рек Паужетки и Большой Банной. Важные географические открытия термальных вод были сделаны сравнительно недавно: в 1941 г. Т. И. Устинова обнаружила в районе, прилегающем к пос. Жупаново, Долину Гейзеров, в которой находятся самые мощные из известных на Камчатке термальные источники. Ныне на Камчатке 116 групп горячих ключей, выливающих в сутки на поверхность Земли 86,5 тыс. кубометров горячей воды со средней температурой более 70°. В большинстве случаев это теплые и горячие источники с температурой значительно выше 100°. Высокотемпературные термоявления — кипящие источники, гейзеры, парогазовые струи — образуют сравнительно малочисленную группу. Однако именно эта группа является основным поставщиком тепла и наиболее перспективна для энергетического использования.

На Камчатке известно 13 групп источников перегретых вод с теплосодержанием 115—120 ккал.

При бурении только 10 таких групп могут дать до

350 тыс. кубометров горячей воды в сутки с температурой выше 100°. А это соответствует по тепловой энергии тысячам тонн каменного угля! Разработка же большого количества месторождений термальных вод раскрывает совершенно фантастические ресурсы подземного тепла!



Между азиатским континентом и дном Тихого океана проходят грандиозные разломы, пересекающие Камчатку и Курильские острова, единственные в СССР об-

ласти «живых вулканов».

Среди многих потухших вулканов около 70 действуют или слабо курятся. Из действующих вулканов 28 расположены на Камчатке. Крупный разлом — грабен, образующий покрытую лесами и болотами долину р. Камчатки, прорезает полуостров вдоль на протяжении более 600 км. Ширина грабена достигает 80 км. Обширное вулканическое плато плоским куполом поднимается над долиной, служа пьедесталом крупнейшим действующим вулканам нашей страны — Ключевскому, Толбачику и др. В кратере Толбачика во время извержения появляется жидкое лавовое озеро, и небо над ним тогда окрашивается тусклым заревом. Севернее Ключевской группы вулканов, среди болот и тундр, возвышается вулкан Шивелуч.

Другой крупный разлом проходит вдоль восточного побережья полуострова. Он отделен от Тихого океана уступами гористых мысов Камчатки, а с запада — Восточно-Камчатским хребтом. На дне этого грабена в течение последних 10 тысяч лет образовано несколько десятков крупных вулканов, в том числе 12 действующих. В северной половине полуострова, в центральной части Срединного хребта, проходит разлом — грабен шириной более 20 км. Этот вулканический разлом ныне почти скрыт под громадными щитообразными вулканами и их лавами. Грабен прослеживается от верховьев р. Кирганик на юге, где в нем поднимается Ичинский вулкан, до верховьев р. Хайлюля и Русаковой на севере, где оканчивается ряд четвертичных, ныне не действующих

крупных вулканов Срединного хребта. Южно-Камчатский грабен прорезает полуостров от г. Петропавловска на севере до Курильских островов на юге. Здесь 6 действующих вулканов.

Гряда Курильских вулканов протяженностью более 1000 км вздымается из обширной впадины, ограниченной с востока подводным хребтом Витязя и малыми Курильскими островами, а с запада — уступом возвышенности, скрытой на дне Охотского моря. Здесь насчитывается более 60 вулканов Курильских островов, из которых 39 действующих, а также десятки подводных вулканов. Сотни горячих ключей приурочены к разломам Камчатки и Курильских островов и изливают целые реки горячей воды, стекающей без пользы в океан.

Громадные резервы энергии таят действующие вулканы и горячие воды Камчатки и Курильских островов. Заставить их служить народному благу — важная задача ученых и инженеров. На Камчатке геологические условия благоприятствуют постройке целого ряда геотермальных электростанций, которые смогут обеспечить экономическое развитие полуострова без завоза жидкого горючего.

Мощный перенос к земной поверхности глубинного тепла в течение четвертичного периода создал условия для зарождения нового типа вулканизма, связанного с близповерхностными очагами гранитной магмы. В связи с грандиозными извержениями пепловых туфов и игнимбритов произошло обрушение лавовых плоскогорий на территории нескольких десятков тысяч квадратных километров, образование обширных впадин, сделавшихся ареной современного вулканизма.

Эти впадины простираются на несколько сот километров вдоль Камчатки и являются вулканическими разломами, по которым к земной поверхности поднимается глубинное тепло и магма. Здесь скопляется большое количество подземных горячих вод, обеспечивающих образование на небольших глубинах месторождений вулканического пара.

Вблизи г. Петропавловска расположено еще не разведанное месторождение подземного тепла у подножия Авачинского и Корякского действующих вулканов. В долине реки Камчатки, у подножия величайшего вулкана



Азии — Ключевской Сопки, артезианские горячие воды будут разведаны в прогибе на склонах лавового нагорья. На юге Камчатки, начиная от Банного месторождения пара, разведка которого ведется до Паужетского месторождения, где уже построена геотермальная электростанция, расположены месторождения, благоприятные для постройки геотермальных электростанций (таблица 2).

По запасам геотермальных месторождений Камчатка находится на одном уровне с Новой Зеландией, где вся энергетика основана на построенных в последние годы геотермоэлектростанциях.

Электрификация и теплофикация населенных пунктов Камчатки при помощи вулканической энергии будет способствовать охране рыбных богатств и поэтому является первоочередной хозяйственной проблемой. Ведь главной защитой рек и озер Камчатки, в которых размножаются лососи, служат леса. Быстрая вырубка лесов Камчатки нарушает водоохранную зону, а следовательно, и режим нерестилищ рыбы.

Другой угрозой рыбе является возведение плотин и образование водохранилищ при постройке гидроэлектростанций.

В 1954 г. по постановлению Президиума АН СССР была организована Камчатская геотермальная экспедиция и начались работы по геологическому изучению перспективных районов Камчатки.

В 1956 г. Президиум АН СССР постановил «Отнести исследование по геотермии к числу важнейших проблем, разрабатываемых Академией наук», было принято решение о строительстве в южной Камчатке опытно-промышленной геотермической электростанции.

Паужетка — название маленькой речки в южной Камчатке, ставшей ныне известной по всей стране. Здесь с 1958 г. по 1960 г. производились разведочное бурение и геологогеофизические исследования, открывшие перед энергетикой Камчатки новые горизонты.

Побываем же на Паужетке. От берега Охотского моря 28 километров грунтовой дороги приводят ущельями в широкую заросшую кустарником долину, замкнутую среди гор. На юге поднимаются красноватые склоны вулкана Кошелева, а с запада долина окаймле-

Таблица 2

Главные ресурсы будущих электростанций Камчатки

Изученные районы строительства будущих геотермальных электростанций	Вулканы и геологические структуры района. Тепловая мощность выноса пара	Теплоноситель и его температура в °С	Перспективные запасы	Необходимый объем буровых работ в тыс.м	Расстояние до Петрозаводска по трассе ЛЭП (км)	Мощность будущих электростанций (в кВт)
Паужетский район	Кошелевский 70 000 ккал/сек Камбальный 15 000 ккал/сек	Перегретый пар, более 155° перегретая вода, 150—200°	14 000 ккал/сек 8000 ккал/сек	10 10	420 400	100 000 25 000 (уже построена 5000)
Мутновско-Жигаревский район	Мутновский вулк. (вынос пара 60 000 ккал/сек, общая тепловая мощн. вулкана 446 000 ккал/сек) По разломам 4000 ккал/сек.	Перегретый пар до 300°	130 000 ккал/сек	14	90	70 000
Жигаревские горячие ключи		Перегретая вода, более 130°	19 000 ккал/сек	5		5 000

Продолжение табл. 2.

Изученные районы строительства будущих геотер- мальных электростанций	Вулканы и геологические структуры района. Тепловая мощность выноса пара	Теплоноситель и его температура в °С	Перспективные запасы	Неоходимый объем буровых работ в тыс/м	Расстояние до Петропавлов- ска по трассе ЛЭП (км)	Мощность будущих электростанций (в квт)
Большие Банные горячие ключи Семлячинский район	Глубокие разломы 10 000 ккал/сек. Вулк. Семлячик 70 000 ккал/сек.  Узон (кальдера) 60 000 ккал/сек	Перегретая вода, 150—170° Перегретый пар, более 135° перегретая вода. Перегретый пар, перегретая вода, более 126°	68 000 ккал/сек  140 000 ккал/сек  130 000 ккал/сек	12,5  16  14	75  200  200	25 000  80 000  70 000
Общая мощность будущих камчатских геотЭС 365 000 квт.						

на обрывах лавового происхождения. Вдали высится конус вулкана Камбального, переходящий к северу в вулканическую гряду, образующую восточные склоны долины. Быстрые речки скатываются в долину, сливаясь в бурный поток Паужетки.

Последний каменистый брод, и, когда машина, скользя по мокрым камням, наконец оказывается на суше, впереди слышится гудение, клубятся белые облака, поднимающиеся над долиной. Относимые нами к климатической детали ландшафта, они неожиданно «врастают» в землю. Оказывается, это столбы пара с огромной силой вырываются из недр Земли через буровые скважины.

Вдоль небольшой улицы стоят новенькие домики, возвышается здание электростанции, окруженное паропроводами. Поодаль у подножия террасы разбросаны каменистые площадки, покрытые белой накипью гейзера. Из мелких озер со свистом вырываются фонтанчики, окутанные паром.

Паужетская электростанция в 1967 г. дала 700 квт. промышленного тока на западное побережье Камчатки. Мощность станции 3,5 тыс. квт. Она будет увеличиваться по мере разведки месторождения до 25 тыс. квт.

15 разведочных скважин глубиной до 200—800 м вскрыли на глубине 250—350 м воду с температурой до 195°, с давлением на устье скважины до 7,6 атм. Из этих скважин выходит на поверхность около 150 кг/сек пара и воды из северо-западной части месторождения у подножия Камбального хребта. На больших глубинах в восточной части месторождения предполагается получить воду с еще более высокой температурой, поддерживаемой вулканическим очагом, скрытым под конусами Камбального вулкана. Выходы горячих источников относятся к местам «разгрузки» артезианского бассейна, охватывающего площадь котловины, ограниченной вулканами и плато южной Камчатки.

Небольшое здание среди леса, недалеко от села Паратунка — это фреоновая станция, лаборатория Института теплофизики СО АН СССР.

Ее назначение — получить электроэнергию за счет 90° термальных вод паратунского месторождения с целью экспериментальных исследований для подготовки

создания турбин сверхвысоких мощностей. На фреоновые турбины ныне возлагается надежда по использованию «хвостов» пара, отработавшего в турбинах мощностью порядка 2 млн. квт. Такой пар или паровую смесь можно еще раз использовать для испарения низкокипящих жидкостей и получить дополнительную электроэнергию порядка 15—20%, то есть 300—400 тыс. квт.

В Англии фреоновый генератор такого типа создан на 6000 квт.

Чем меньше мощность электростанций, тем больше энергии она потребляет сама. Паратунская фреоновая электростанция использует для своей работы до 35% всей выдаваемой энергии в 750 квт. Поэтому маленькие электростанции с фреоновыми турбинами строить невыгодно.

В просторном здании, куда подведены трубопроводы с горячей и холодной водой, размещены фреоновая турбина с генератором, фреоновые котлы, подогреватели, насосы и другое экспериментальное оборудование. Если водяной пар на низких давлениях требует турбины большого объема, то фреоновая турбина имеет преимущество в своих меньших габаритах. Работает она так: горячая вода из скважин подается в обычный трубчатый теплообменник, где отдает свое тепло фреону. Фреон является жидкостью, кипящей при отрицательных температурах, а при температурах выше 55° образует пар с давлением более десяти атмосфер. В Италии для таких электростанций употребляется этилхлорид — низкокипящая жидкость. Образующийся пар вращает турбину электростанции, откуда попадает в конденсатор, где вновь превращается в жидкость, и цикл возобновляется.

Ближайшая задача — обеспечение г. Петропавловска и других пунктов полуострова геотермальной энергией. В настоящее время быстрое развитие Петропавловского района создало здесь крупный дефицит энергии, который будет покрыт строительством тепловой электростанции на привозном топливе. Необходимо разведать крупные месторождения для постройки электростанций мощностью 100—150 тыс. квт. Намечены районы ближайших к Петропавловску крупных вулканов Авачинского, Семячиковского, Мутновского.

Горячие воды Паратунки и Елизовского района согреют жилища и парниковые хозяйства вдоль самой оживленной магистрали Камчатки.

Реконструкция пос. Ключи, строительство города Усть-Камчатска потребуют разведки непочатых запасов глубинного тепла у подножия величайшего действующего вулкана Евразии — Ключевской сопки.

Природа готова открыть свои недра и щедро поделиться запасами тепла. К этому есть, как говорится, все геологические данные.

Во многих районах Курильских островов перегретый пар можно получить с глубины 250—350 метров. Проектируется постройка геотермической электростанции на острове Кунашире для энергоснабжения г. Южно-Курильска и других населенных пунктов побережья.

Дешевая энергия позволит развить на Камчатке и Курильских островах энергоемкую промышленность, электрифицировать транспорт, теплофицировать жилища и сельское хозяйство. При помощи пара можно выпаривать соль из морской воды, сушить лес, рыбу, торф, сено и пр.

Курорты на базе горячих минеральных вод Камчатки приобретают всесоюзную известность.

У нас зимой и весной выращивается мало свежих овощей, хотя за последние шесть лет площадь теплиц в стране почти удвоилась. Сейчас на душу городского населения приходится в год около килограмма ранней зелени.

Чтобы создать круглогодичное обилие свежих овощей, требуется значительно увеличить существующие парниковые хозяйства.

Проведенные в Научно-исследовательском институте овощного хозяйства Министерства сельского хозяйства РСФСР расчеты показали, что термальные воды могут являться одним из самых надежных источников теплоснабжения для овощеводства.

Наличие больших запасов термальных вод с высоким тепловым потенциалом на Камчатке, Курильских островах, в Магаданской и Тюменской областях позволяет решить вопрос обеспечения населения северных районов овощами за счет использования геотермальной энергии в теплично-парниковых хозяйствах.

На Камчатке использование термальных вод для выращивания овощей должно приобрести особое значение. Здесь строится Средне-Паратунский тепличный комбинат с площадью теплиц 60 тысяч квадратных метров.

Комбинатом будут использоваться для обогрева термальные воды Паратунского месторождения в количестве 145 л/сек с температурой 70—79° С. Валовой выход овощей при полной мощности комбайна составит 11,5 тыс. ц. при средней стоимости 48,7 руб. за ц.

Крупные ресурсы термальных вод на Камчатке позволяют построить теплично-парниковые комбинаты для удовлетворения потребности населения области в овощах. По расчетам потребность области в теплолюбивых овощах (с учетом увеличения населения) в ближайшие годы будет составлять 5000 т в год. Эту потребность могут полностью обеспечить теплично-парниковые комбинаты, использующие термальные воды трех наиболее крупных месторождений: Паратунского, Начикинского и Больше-Банного. Причем воды могут быть использованы после турбин геотермальных электростанций.

Разведка и использование термальных вод в сельском хозяйстве в настоящее время расширяются. На Камчатке для строительства теплично-парниковых комбинатов также могут быть использованы Малкинские источники площадью 15 гектаров и Начикинские.

На Камчатке могут быть обеспечены отоплением за счет термальных вод теплично-парниковые комбинаты общей площадью около 100 гектаров. Эти комбинаты могут не только обеспечить потребность населения в овощах, но и позволят вывозить их за пределы области. Об экономической выгоде использования термальных вод для теплоснабжения теплично-парниковых комбинатов на Камчатке свидетельствует короткий срок их окупаемости, который по расчетам Научно-исследовательского института овощеводства, составит 4—5 лет. Чистый доход комбинатов составит в среднем около 140 тыс. рублей с одного гектара площади теплиц и обогреваемого грунта.

Большую прибыль дает использование термальных вод для скотоводства, свиноводства и на птицефермах.

В каждом крупном хозяйстве содержание животных и птиц при определенной температуре и в чистоте, при подогреве воды и корма, как показал опыт применения термальных вод в Венгрии, увеличивает вес животных и их приплод.

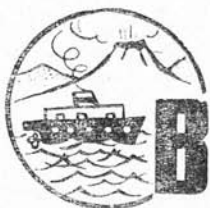
В нашей стране также имеется такой опыт. В сельском хозяйстве термальная вода используется комплексно (отопление производственных и бытовых помещений, для питья, купания).

На Паратунском месторождении в интервале глубин 600—1200 м получена вода со средней температурой 79—81°. Дебиты скважин 250—3000 кубометров в сутки. Ожидаемые запасы — 90—100 тыс. кубометров в сутки. На Больше-Банном месторождении в интервале глубин 60—610 м получена пароводяная смесь со средним теплосодержанием около 160 ккал/кг. Дебиты скважин 260—3000 т в сутки. Ожидаемые запасы 35—40 тыс. т в сутки.

В текущей пятилетке планируется значительно увеличить в СССР разведанные запасы термальных вод для различных отраслей народного хозяйства. За оставшиеся годы этого пятилетия намечено разведать и утвердить в ГКЗ запасы пароводяной смеси в количестве 2500 т в сутки и термальных вод (включая йодо-бромные термальные воды) — в количестве 100 000 кубометров в сутки. Поисковые и разведочные работы будут проводиться на многих месторождениях, в том числе на Паратунских и Больше-Банных.

Министерством газовой промышленности СССР на Камчатке создано Камчатское управление по использованию глубинного тепла Земли. Оно будет бурить скважины на разрабатываемых месторождениях, добывать геотермальную воду, подавать ее потребителям и организовывать строительство геотермальных установок.





Велики возможности использования вулканической энергии для постройки геотермических электростанций на Камчатке, Курильских островах и в других вулканических районах мира. На побережье Тихого океана, окаймленном вулканическим «огненным кольцом», обитает значительная часть человечества, и уже сейчас многие страны этого района испытывают недостаток топлива (Япония, Индонезия, Новая Зеландия и др.).

Вулканы — мощные месторождения тепла Земли — громадного энергетического резерва будущего человечества. Трудно переоценить значение ресурсов подземного тепла: ныне используется пар с глубины 500—1000 м, но в будущем начнется «разработка» тепла магматических очагов с глубин 3—10 км.

Недалеко то время, когда для каждого вулкана будет даваться оценка его производительности и запасы вулканического тепла будут учитываться в Центральной Комиссии Запасов наравне с запасами месторождений нефти и угля.

Использование вулканической энергии — это показатель стремительного темпа технического прогресса нашей эпохи. Несколько десятков лет назад идея использования вулкана в качестве парового котла показалась бы безумной фантазией. Но вулкан в «упряжке» из проводов электропередач скоро станет будничным пейзажем вулканических районов.

Представьте себе, что, находясь в далеком рейсе, ваш электроход подходит к берегам заброшенного в просторах океана вулканического острова. Провода электропередачи подключают на пристани к судовым аккумуляторным установкам, и через несколько часов судно, заряженное энергией, полученной от геотерми-

ческой электростанции, продолжает свой рейс. Острова с вулканическими электростанциями, подобно бензоколонкам, будут снабжать энергией электроходы, самолеты, радиостанции, посылать направленные в космос мощные электрические волны, питающие межпланетные корабли...

Овладение вулканической энергией, пока бесполезно расточаемой природой, — это очередная задача науки.

Если покорение вулканов и, быть может, даже регулирование их деятельности путем отвода избытка энергии — дело будущего, то использование громадных водоемов горячих вод во всех отраслях народного хозяйства на территориях СССР является задачей сегодняшнего дня. Это задача общегосударственного значения, решение которой сохранит для химической промышленности громадные запасы нефти, угля и газа. Энергия глубин Земли непрерывно восстанавливается: тепло поднимается из глубин, а переносящая его вода совершает свой бесконечный кругооборот. Поэтому дешевизна использования тепла Земли оставляет позади все другие виды энергии, которыми располагает в настоящее время человечество. Она по экономическим расчетам вдвое дешевле, чем электроэнергия обычных тепловых станций. Стоимость геотермальной электроэнергии в Италии на 25 % ниже стоимости энергии электростанции на Ниагарском водопаде в Северной Америке, признанной самой дешевой в мире. Геотермальная энергия не зависит от подвоза угля и других горючих ископаемых.

Когда расходы по строительству геотермальной электростанции окупятся — что обычно происходит в 2—3 года, — электрическая энергия становится бесплатным даром природы. Понятно, что выгода геотермальных электростанций значительно повышается в районах, лишенных топлива.

Для социалистической системы характерен стремительный темп развития техники, позволяющий в предельно короткие сроки закрывать бреши, обычно существующие между новейшими научными идеями и возможностью их реализации в народном хозяйстве.

Успешное строительство геотермальных электростанций, работающих на перегретом паре и горячей воде,

нагретых вулканическим теплом и тепловым потоком Земли — это первая ступень реализации неисчерпаемых ресурсов внутреннего тепла Земли.

Современное турбиностроение рассчитано на высокие параметры пара и газа. Задача геологов — встать на уровень века и разведывать месторождения глубинной энергии с высокими параметрами теплоносителей. Незрела необходимость разведки закрытых геотермальных месторождений, глубокое и сверхглубокое бурение в районах, неглубоко залегающих (периферических) магматических и вулканических очагов на глубину 3—5 км.

На очереди глубокое бурение под основание Авачинского вулкана вблизи Петропавловска-Камчатского, под основание Ключевского вулкана и других огнедышащих колоссов, бесполезно расточающих свои силы...

Использование высокотемпературных резервуаров главного теплоносителя вулканических и глубинных процессов — магмы, скрытой в очагах, залегающих на глубине нескольких километров в недрах Земли, связано с успехами глубокого бурения. Задачей сегодняшнего дня является заложение буровых скважин на глубину 10—15 км и разведка методом прохождения скважин в условиях высоких температур. Проблема теплоотбора при этом может быть решена как путем закачивания воды в горячие недра, переходящей там в пар, подающийся в турбины, так и путем прямого превращения тепловой энергии в электричество.

Учение о глубинном тепле Земли, одной из глав которого является вулканология, изучающая вулканы, открывает новые горизонты для развития техники. Наука о вулканах и подземных горячих водах на этом пути превратилась в активное средство создания новых энергопомощностей, в недалеком будущем вступающих в строй на огромных пространствах нашей Родины.

Но широкое использование геотермической энергии во всех странах наступит только после того, когда станет ясно, что геотермические ресурсы часто имеют преимущества перед другими видами энергии.

Изучение глубинного тепла в перспективных районах СССР имеет важное значение — как путь выявления новых источников энергии для народного хозяйства.

## О Г Л А В Л Е Н И Е

Предисловие	3
О чем свидетельствуют вулканы?	4
Земля перед «рентгеновским аппаратом»	7
Силы, воздвигающие горы и «зажигающие» вулканы	10
Где образуются вулканы?	15
Древнейшая «профессия» вулканов	18
Вулканы — обогатительные фабрики	22
На собаках к действующим вулканам	25
В центре вулкана	39
На ботике через кратер	48
В гости к двухголовым лососям	59
Ночь у огненного потока	64
Пробуждение Шивелуча	76
Все звери покинули вулкан	79
Первый вылет к Шивелучу после извержения	82
Вулканы — покровители сельского хозяйства	90
Современная «профессия» вулканов	93
Горячее дыхание Земли	102
Вулканы не должны скупиться	111
Действующие вулканы Камчатки и Курильских островов — резервы геотермической энергии	122
Глубины земли — источники энергии на века!	132

## Замеченные опечатки

Страница	Строка	Напечатано	Следует читать
26	1-я снизу	курта	куртка
63	16-я снизу	тепло	тело
74	14-я сверху	кратеров	кратера
120	2-я снизу	115—120 кап.	115—120 кал.

32 коп.

**ДАЛЬНЕВОСТОЧНОЕ КНИЖНОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО  
ВЛАДИВОСТОК**